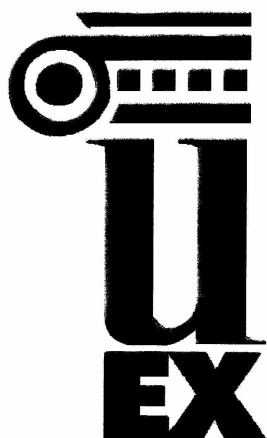


UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS



**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL SISTEMA
DE ELABORACIÓN EN LA CALIDAD DEL
LOMO CURADO ALENTEJANO**

Tesis Doctoral

Silvina dos Anjos Pimenta Marques Maia Ferro Palma

CÁCERES
2006



DEPARTAMENTO DE
ZOOTECNIA

Tecnología de los Alimentos

Estudio de la influencia del sistema de elaboración en la calidad del lomo curado Alentejano

Memoria presentada por la Licenciada en
Farmacia **Silvina dos Anjos Pimenta Marques
Maia Ferro Palma**, para optar al grado de
Doctor.



DEPARTAMENTO DE
ZOOTECNIA

Tecnología de los Alimentos

Carmen García González, Profesora Titular del Área de Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Extremadura,

INFORMA:

Que la Tesis Doctoral titulada “**Estudio de la influencia del sistema de elaboración en la calidad del lomo curado alentejano**”, de la que es autora la Licenciada en Farmacia **Silvina dos Anjos Pimenta Marques Maia Ferro Palma**, ha sido realizada en el Departamento de Zootecnia (área de Tecnología de los Alimentos) bajo mi dirección y cumple las condiciones exigidas para optar al grado de Doctor.

Para que así conste, lo firmo autorizando su presentación

Cáceres, 25 de Abril de 2006

Carmen García González

*A mi marido y
a mis padres*

AGRADECIMIENTOS

Deseo mostrar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de alguna manera han contribuido a la elaboración de este trabajo:

Al Prof. Doctor Jesús Ventanas por su acogida en el departamento desde el primer momento, su ayuda, su apoyo y muy especialmente por su confianza.

A la Prof. Doctora Carmen García, mi directora, por su dirección, sus consejos y sus palabras de ánimo en los momentos difíciles y en especial por sus demostraciones de amistad y atención.

A todas los demás integrantes del área de Tecnología e Higiene de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de Cáceres por su ayuda desinteresada, siempre que ha sido requerida en especial a Ana Galaz.

A D. Faustino Quarenta y colaboradores de la “Salsicharia F.Quarenta” sin su ayuda no sería posible este trabajo.

A todas los integrantes del área de “Ciencia Tecnología dos Alimentos” de la “Escola Superior Agrária de Beja” que han contribuido de alguna forma a la elaboración de este trabajo, en especial al Prof. Doctor João Canada, Eng^a. Manuela Costa, Dra. Teresa Santos, D. Célia Lampreia por su ayuda desinteresada, colaboración, apoyo y disponibilidad.

A los participantes en el panel de cata de la “Escola Superior Agrária de Beja” por su disponibilidad.

A Puri e Benito por su acogida en su casa y su amistad desinteresada.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvii
RESUMO	xix
I – INTRODUCCIÓN	1
I – 1 Lomo Curado de Cerdo Ibérico	1
I – 1-1 Origen y Evolución Histórica	1
I – 1-2 Producción, Calidad y Certificación	3
I – 1-3 Tecnología de Elaboración del Lomo Ahumado y Secado	6
I – 1-4 El Ahumado	10
I – 1-5 El Secado	14
I – 2 Modificaciones físico-químicas	17
I – 2-1 Humedad relativa y temperatura	17
I – 2-2 Contenido en agua	17
I – 2-3 Las sales del curado	20
I – 3 Modificaciones en los compuestos nitrogenados	24
I – 4 Modificaciones en los lípidos	28
I – 5 Compuestos volátiles	34
I – 6 Hidrocarburos aromáticos policíclicos	37
I – 7 Características del producto	41
I – 7-1 Determinación del color	41
I – 7-2 Evaluación instrumental de la textura	43
I – 8 Evaluación sensorial	48
I – 9 Modificaciones microbiológicas	51
II – PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS	57
III – MATERIAL Y MÉTODOS	61
III – 1 Material	61
III – 1-1 Reactivos	61
III – 1-2 Equipos	61

III – 1-3 Proceso de elaboración de los lomos ahumados y secados	63
III – 1-4 Toma de muestras	65
III – 2 Métodos	66
III – 2-1 Determinaciones físico-químicas	66
III – 2-1-1 – Determinación de humedad	66
III – 2-1-2 – Determinación de la actividad del agua	67
III – 2-1-3 – Determinación de la capacidad de retención del agua	67
III – 2-1-4 – Determinación del pH	67
III – 2-1-5 – Determinación de cenizas	67
III – 2-1-6 – Determinación de cloruros	68
III – 2-1-7 – Determinación de nitritos y nitratos	68
III – 2-1-7-1 – Preparación del extracto	68
III – 2-1-7-2 – Determinación de nitritos	68
III – 2-1-7-3 – Determinación de nitratos	69
III – 2-2 Extracción y análisis de la fracción nitrogenada	69
III – 2-2-1 – Determinación del nitrógeno total	69
III – 2-2-2 – Determinación de las fracciones nitrogenadas no proteicas	69
III – 2-2-2-1 – Cuantificación del nitrógeno no proteico (NNP)	69
III – 2-2-2-2 – Preparación del extracto	70
III – 2-2-2-3 – Cuantificación del nitrógeno aminoacídico (Namin)	70
III – 2-2-2-4 – Cuantificación del nitrógeno básico volátil (NBVT)	71
III – 2-2-3 – Análisis de aminoácidos libres	71
III – 2-2-3-1 – Extracción de aminoácidos libres.	71
III – 2-2-3-2 – Derivatización de aminoácidos	71
III – 2-2-3-3- Análisis cromatográfico	72
III – 2-2-3-4 – Identificación y cuantificación de aminoácidos	73
III – 2-3 Extracción y análisis de la fracción lipídica	73
III – 2-3-1 – Extracción de los lípidos	73
III – 2-3-2 – Determinación del índice de ácido tiobarbitúrico (TBA)	73
III – 2-3-3 – Determinación de ácidos grasos de la grasa intramuscular	74
III – 2-3-3-1 – Derivatización de ácidos grasos	74
III – 2-3-3-2 – Análisis cromatográfico	74
III – 2-3-3-3 – Identificación y cuantificación	75
III – 2-3-4 – Fraccionamiento de la grasa en lípidos neutros, ácidos grasos libres y fosfolípidos	75

III – 2-3-4-1 – Metilación de los ácidos grasos de las fracciones	76
III – 2-3-4-2 – Análisis cromatográfico	77
III – 2-3-4-3 – Identificación y cuantificación	77
III – 2-4 Determinación de los compuestos volátiles	77
III – 2-5 Determinación de los hidrocarburos aromáticos policíclicos	79
III – 2-6 Análisis físicos	81
III – 2-6-1 – Determinación del color	81
III – 2-6-2 – Evaluación instrumental de la textura	82
III – 2-7 Análisis sensorial	84
III – 2-7-1 – Muestras	84
III – 2-7-2 – Catas	84
III – 2-8 Determinaciones microbiológicas	86
III – 2-8-1 – Preparación de la muestra	86
III – 2-8-2 – Recuentos de microorganismos	86
III – 2-8-2-1 – Recuento de microorganismos mesófilos	86
III – 2-8-2-2 – Recuento de coliformes totales	86
III – 2-8-2-3 – Recuento Lactobacillus	87
III – 2-8-2-4 – Recuento de microorganismos en medio Tributirina agar	87
III – 2-8-2-5 – Recuento de microorganismos en medio Manitol Salt Phenol-Red Agar	87
III – 2-8-2-6 – Recuento de mohos y levaduras	87
III – 2-8-2-7 – Recuento de Escherichia coli.	88
III – 2-8-2-8 – Recuento de Staphylococcus aureus	88
III – 2-8-2-9 – Recuento de esporos de Clostridios sulfito-reductores	88
III – 2-8-2-10 – Aislamiento e identificación de Salmonella	88
III – 2-9 Análisis estadístico	89
IV – RESULTADOS Y DISCUSIÓN	93
IV – 1 Condiciones durante el proceso de maduración	93
IV – 2 Evolución de Parámetros Físico-Químicos Generales Durante las Etapas de Elaboración	94
IV – 2-1 – Determinación de humedad	94
IV – 2-2 – Determinación de la capacidad de retención del agua	96
IV – 2-3 – Determinación de la actividad del agua	98
IV – 2-4 – Determinación del pH	101
IV – 2-5 – Determinación de cenizas	103
IV – 2-6 – Determinación de cloruros	106

IV – 2-7 – Determinación de nitritos y nitratos	109
IV – 2-7-1 – Determinación de nitritos	110
IV – 2-7-2 – Determinación de nitratos	112
IV – 3 Extracción y análisis de la fracción nitrogenada	114
IV – 3-1 – Determinación de la proteína	115
IV – 3-2 – Determinación de las fracciones nitrogenadas no proteicas	117
IV – 3-2-1 – Cuantificación del nitrógeno no proteico (NNP)	117
IV – 3-2-2 – Cuantificación del nitrógeno aminoácido (Namin)	120
IV – 3-2-3 – Cuantificación del nitrógeno básico volátil total (NBVT)	122
IV – 3-3 – Análisis de aminoácidos libres	125
IV – 4 Extracción y análisis de la fracción lipídica	132
IV – 4-1 – Extracción de los lípidos	133
IV – 4-2 – Determinación del índice de ácido tiobarbitúrico (TBA)	135
IV – 4-3 – Determinación de ácidos grasos totales de la grasa intramuscular	139
IV – 4-4 – Fraccionamiento de la grasa en lípidos neutros, ácidos grasos libres y fosfolípidos	145
IV – 5 Compuestos volátiles	159
IV – 6 Hidrocarburos aromáticos policíclicos	165
IV – 7 Análisis físicos	167
IV – 7-1 – Determinación del color	167
IV – 7-2 – Evaluación instrumental de la textura	172
IV – 8 Evaluación sensorial	176
IV – 9 Determinaciones microbiológicas	181
IV – 9-1 – Recuentos de microorganismos potencialmente patógenos	181
IV – 9-2 – Recuento de microorganismos Mesófilos, Coliformes Totales, Lactobacilos, Mohos y Levaduras	183
IV – 9-3 – Recuento de microorganismos en Tributirina y en Manitol Salt Phenol-Red Agar	184
CONCLUSIONES	187
BIBLIOGRAFIA	191
ANEXO	214

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1: Lomos curados recogidos en la “Guía dos Produtos de Qualidade” del Ministerio de Agricultura. _____	5
Figura I.2: Lomo Curado Ahumado. _____	7
Figura I.3: Esquema del procesado de los lomos curados con tecnologías de ahumado y secado. _____	8
Figura I.4: Esquema de un boceto de la canal de cerdo, evidenciando el lomo. _____	9
Figura I.5: Mecanismo de liberación de ácidos grasos a partir de los triacilglicérols por acción de las lipasas musculares y de los fosfoglicéridos por acción de diferentes fosfolipasas. _____	30
Figura I.6: Vías de formación de los compuestos volátiles. _____	35
Figura III.1: Lomos adobados. _____	63
Figura III.2: Embutido de los lomos en tripa natural. _____	64
Figura III.3: Lomos embutidos con dos días de maduración. _____	64
Figura III.4: Corredor al planta baja donde se hace el humo. _____	64
Figura III.5: Corredor al planta alta donde se colocan los lomos. _____	64
Figura III.6: Esquema del método de separación en fase sólida (SPE) (columnas de aminopropil de 500mg) de las distintas fracciones de lípidos. _____	76
Figura III.7: Dispositivo de SPME (A.) y proceso de extracción de SPME (B.). _____	78
Figura III.8: Determinación del color en un corte transversal. _____	82
Figura III.9: Determinación del color en un corte longitudinal. _____	82
Figura III.10: Curva tipo fuerza-tiempo obtenida con el Textura Analizar Stable Micro Systems TA.XT2, mediante un ensayo TPA. _____	83
Figura IV.1: Evolución de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) durante la etapa de secadero. _____	93
Figura IV.2: Evolución del a_w de los lomos curados ahumados (Ah) y de los lomos curados secados (M) en las diferentes etapas de elaboración. _____	99
Figura IV.3: Evolución del pH de los lomos curados ahumados (Ah) y de los lomos curados secados (M) en las diferentes etapas de elaboración. _____	102
Figura IV.4: Evolución de las cenizas, en materia fresca, de los lomos curados ahumados (Ah) y de los lomos curados secados (M) en las diferentes etapas de elaboración. _____	105
Figura IV.5: Evolución de los nitritos en materia fresca, en los lomos curados ahumados (Ah) y de los lomos curados secados (M) en las diferentes etapas de elaboración. _____	111

<i>Figura IV.6: Evolución de los nitratos en materia fresca, en los lomos curados ahumados (Ah) y de los lomos curados secados (M) en las diferentes etapas de elaboración.</i>	113
<i>Figura IV.7: Evolución de la proteína en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.</i>	117
<i>Figura IV.8: Evolución de nitrógeno no proteico en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.</i>	120
<i>Figura IV.9: Evolución del nitrógeno básico volátil total en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.</i>	124
<i>Figura IV.10: Cromatograma de aminoácidos libres obtenido mediante HPLC de los lomos curados secados.</i>	125
<i>Figura IV.11: Suma de aminoácidos implicados en los grupos de sabores.</i>	131
<i>Figura IV.12: Aspecto veteado de los lomos con grasa infiltrada.</i>	133
<i>Figura IV.13: Evolución del índice de TBA en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.</i>	139
<i>Figura IV.14: Sumatorio de las fracciones de los ácidos grasos totales saturados (AGS), insaturados (AGM), y polinsaturados (AGP), expresados de las porcentajes de ácidos grasos totales de la grasa intramuscular de los lomos en materia seca.</i>	141
<i>Figura IV.15: Sumatorio de ácidos grasos de las fracciones de los ácidos grasos totales saturados (AGS), insaturados (AGM) y polinsaturados (AGP) expresados en mg/100g de muestra en extracto seco.</i>	144
<i>Figura IV.16: Sumatorio de ácidos grasos de las fracciones de los triglicéridos saturados (AGS), insaturados (AGM), y polinsaturados (AGP), expresados de las porcentajes de ácidos grasos totales de la grasa intramuscular de los lomos en materia seca.</i>	147
<i>Figura IV.17: Sumatorio de ácidos grasos de las fracciones de los ácidos grasos libres saturados (AGS), insaturados (AGM), y polinsaturados (AGP), expresados de las porcentajes de ácidos grasos totales de la grasa intramuscular de los lomos en materia seca.</i>	150
<i>Figura IV.18: Sumatorio de ácidos grasos de las fracciones de los fosfolípidos de ácidos grasos saturados (AGS), insaturados (AGM), y polinsaturados (AGP), expresados de las porcentajes de ácidos grasos totales de la grasa intramuscular de los lomos en materia seca.</i>	153
<i>Figura IV.19: Cromatograma de compuestos volátiles obtenido en SPME-CG-MS del interior del lomo curado ibérico elaborado con la tecnología de ahumado en el producto final.</i>	159

<i>Figura IV.20: Valores medidos por análisis de perfil de textura (TPA) en los lomos curados ahumados y secados.</i>	<i>175</i>
<i>Figura IV.21: Valores medios correspondientes al perfil sensorial respétate al aspecto de los lomos curados ahumados y secados.</i>	<i>177</i>
<i>Figura IV.22: Valores medios correspondientes al perfil sensorial respétate al textua de los lomos curados ahumados y secados.</i>	<i>178</i>
<i>Figura IV.23: Valores medios correspondientes al perfil sensorial respétate al gusto de los lomos curados ahumados y secados.</i>	<i>179</i>
<i>Figura IV.24: Valores medios correspondientes al perfil sensorial respétate al olor y flavor de los lomos curados ahumados y secados.</i>	<i>180</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla I.1: Sabor y umbral de reconocimiento de los aminoácidos en solución acuosa.</i>	27
<i>Tabla I.2: HAPs determinados comúnmente en el análisis de alimentos.</i>	39
<i>Tabla III.1: Esquema del procesado del lomo curado ahumado.</i>	65
<i>Tabla III.2: Esquema del procesado del lomo curado desecado.</i>	65
<i>Tabla III.3: Esquema de la toma de muestras en los dos lotes, de lomos ahumados y desecados.</i>	66
<i>Tabla III.4: Gradiente de elusión efectuado para el análisis de aminoácidos.</i>	72
<i>Tabla III.5: Condiciones cromatográficas empleadas en el análisis de los compuestos volátiles mediante cromatografía de gases asociada a espectrómetro de masas.</i>	79
<i>Tabla III.6: Rampa de temperaturas del método cromatográfico para a determinación de HAPs.</i>	80
<i>Tabla III.7: Condiciones de la detección mediante el modo SIM para cada uno de los HAPs.</i>	81
<i>Tabla IV.1: Porcentaje de humedad de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.</i>	96
<i>Tabla IV.2: Porcentaje de la capacidad de retención de agua de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en materia fresca.</i>	97
<i>Tabla IV.3: Porcentaje de la actividad del agua de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.</i>	99
<i>Tabla IV.4: Evolución del pH los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.</i>	102
<i>Tabla IV.5: Porcentaje de las cenizas, en materia fresca, de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.</i>	105
<i>Tabla IV.6: Porcentaje de las cenizas, en materia seca, de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.</i>	106
<i>Tabla IV.7: Evolución del porcentaje de cloruro sódico en materia fresca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.</i>	108
<i>Tabla IV.8: Evolución del porcentaje de cloruro sódico en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.</i>	108

<i>Tabla IV.9: Evolución de nitritos en los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en ppm (mg/Kg) de materia fresca.</i>	111
<i>Tabla IV.10: Evolución de nitritos en materia seca, en los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en ppm (mg/Kg).</i>	112
<i>Tabla IV.11: Evolución de nitratos en los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en ppm (mg/Kg) de materia fresca.</i>	113
<i>Tabla IV.12: Evolución de nitratos en materia seca en los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en ppm (mg/kg).</i>	114
<i>Tabla IV.13: Evolución de la porcentaje de proteína en materia fresca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.</i>	116
<i>Tabla IV.14: Evolución del porcentaje de proteína en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.</i>	116
<i>Tabla IV.15: Evolución del nitrógeno no proteico en materia fresca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en mg/g.</i>	119
<i>Tabla IV.16: Evolución del nitrógeno no proteico en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en mg/g.</i>	119
<i>Tabla IV.17: Evolución de la porcentaje de nitrógeno aminoacídico en materia fresca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en mg/g.</i>	121
<i>Tabla IV.18: Evolución del nitrógeno aminoacídico en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en mg/g.</i>	122
<i>Tabla IV.19: Evolución del nitrógeno básico volátil total en materia fresca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en mg/100g.</i>	123
<i>Tabla IV.20: Evolución del nitrógeno básico volátil total en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en mg/100g.</i>	124
<i>Tabla IV.21a: Porcentaje de aminoácidos libres de los lomos ahumados.</i>	128
<i>Tabla IV.21b: Porcentaje de aminoácidos libres de los lomos secados.</i>	129
<i>Tabla IV.22: Evolución del porcentaje de grasa libre en materia fresca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.</i>	134
<i>Tabla IV.23: Evolución del porcentaje de grasa libre en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.</i>	135

Tabla IV.24: Evolución del índice de TBA en materia fresca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en μg malonaldehído (MDA/g). _____	138
Tabla IV.25: Evolución del índice de TBA en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en μg malonaldehído (MDA/g). _____	138
Tabla IV.26: Porcentaje de ácidos grasos totales de la grasa intramuscular de los lomos. _____	140
Tabla IV.27: mg de ácidos grasos totales de la grasa intramuscular de los lomos por 100g de muestra seca. _____	143
Tabla IV.28: Porcentaje de ácidos grasos de la fracción de triglicéridos de la grasa intramuscular de los lomos. _____	146
Tabla IV.29: mg de ácidos grasos de la fracción de triglicéridos de la grasa intramuscular de los lomos por 100g de muestra seca. _____	148
Tabla IV.30: Porcentaje de ácidos grasos de la fracción de ácidos grasos libres de la grasa intramuscular de los lomos. _____	149
Tabla IV.31: mg de ácidos grasos de la fracción de ácidos grasos libres de la grasa intramuscular por 100g muestra seca de los lomos. _____	151
Tabla IV.32: Porcentaje de ácidos grasos de la fracción de fosfolípidos de la grasa intramuscular de los lomos. _____	152
Tabla IV.33: mg de ac. grasos de la fracción de fosfolípidos de la grasa intramuscular por 100g de muestra seca de los lomos. _____	154
Tabla IV.34: Sumatório de los ácidos grasos saturados en las distintas fracciones (AGL) Ácidos grasos libres, (TRIG) triglicéridos, (FOSF) Fosfolípidos, expresado en mg/100g de muestra seca en lomos ahumados (Ah) y lomos secados (S) en las diferentes etapas de procesado. _____	158
Tabla IV.35: Sumatório de los ácidos grasos monoinsaturados en las distintas fracciones (AGL) Ácidos grasos libres, (TRIG) triglicéridos, (FOSF) Fosfolípidos, expresado en mg/100g de muestra seca en lomos ahumados (Ah) y lomos secados (S) en las diferentes etapas de procesado. _____	158
Tabla IV.36 Sumatório de los ácidos grasos poliinsaturados en las distintas fracciones (AGL) Ácidos grasos libres, (TRIG) triglicéridos, (FOSF) Fosfolípidos, expresado en mg/100g de muestra seca en lomos ahumados (Ah) y lomos secados (S) en las diferentes etapas de procesado. _____	158
Tabla IV.37: Relación de compuestos volátiles detectados en localización interior del lomo curado ibérico (expresado en $\text{UAA} \times 10^6$). _____	163
Tabla IV.38: Detección de HAPs mediante modo SIM en los lomos curados Ahumados y Secados. _____	166
Tabla IV.39: Valores de CIE $L^*a^*b^*$, saturación de color (C) y tinte (H°) de los lomos en corte transversal. _____	170

<i>Tabla IV.40: Valores de CIE L*a*b*, saturación de color (C) y tinte (H°) de los lomos en corte longitudinal.</i>	<i>171</i>
<i>Tabla IV.41: Valores medidos por análisis de perfil de textura (TPA) y relación con las características sensoriales.</i>	<i>172</i>
<i>Tabla IV.42: Evaluación sensorial de los lomos curados ahumados y secados.</i>	<i>176</i>
<i>Tabla IV.43: Valores de en log ufc/g.</i>	<i>183</i>
<i>Tabla IV.44: Valores de en log ufco.</i>	<i>184</i>

RESUMEN

El lomo Alentejano curado es un producto cárnico con alta calidad sensorial debido por una parte, a la materia prima empleada y por otra a la tecnología de elaboración que favorece la formación de compuestos responsables del aroma y del sabor característico. El empleo de diferentes tecnologías conlleva a un lomo curado de características bastante similares en todos los aspectos físico, químico y sensorial. No obstante, el diferente procedimiento de adobo realizado en los dos lotes de lomos utilizando una salmuera en el caso de los lomos que se van a ahumar y un salado tradicional en los lomos que se van a desecar causa mayores diferencias que las ocasionadas por el propio ahumado.

Los trabajos de esta Tesis Doctoral se han dirigido a valorar objetivamente la influencia sobre la calidad del producto de la tecnología de elaboración utilizada, así como el estudio de los procesos degradativos de las proteínas y lípidos y la evolución de las propiedades físicas que tienen lugar durante la maduración. Para ello se han utilizado lomos elaborados utilizando dos procesos diferentes, el ahumado muy apreciado en Portugal en este tipo de productos y el secado tradicional utilizado en España.

Se ha realizado el estudio de los parámetros de estabilización (humedad, pH, actividad del agua, capacidad de retención del agua, cloruros, nitrito y nitratos), y evaluación microbiológica, así como la evolución de las modificaciones en las fracciones nitrogenadas (nitrógeno proteico, no proteico y sus fracciones y aminoácidos libres) y de los lípidos (grasa intramuscular libre, TBA, ácidos grasos totales y sus fracciones, triglicéridos, ácidos grasos libres y fosfolípidos). Los compuestos volátiles y hidrocarburos aromáticos policíclicos y las variaciones de los parámetros de color y textura complementaron este estudio.

Las diferencias entre las dos tecnologías no afectan a las principales características del lomo curado, apreciándose ligeras diferencias en el color, aroma y sabor en la evaluación sensorial que no se traducen en un mayor grado de aceptación por los consumidores en ninguno de los dos tipos de lomos. Son destacables los efectos del humo en el incremento observado en

nitratos y nitritos y como protector frente a la oxidación y el crecimiento microbiano.

Los resultados de las distintas determinaciones en los dos tipos de procesado fueron similares a lo largo del procesado no obstante se encontraron algunas diferencias que pueden achacarse a los distintos métodos empleados. Este es el caso de distintas determinaciones, como la CRA que presenta diferente evolución en los lomos secados y en los lomos ahumados. También las cenizas, el porcentaje de cloruros y de sales nitrificantes presentan mayores valores en los lomos ahumados que en los secados.

Los lomos secados presentaron valores de NNP, NBVT y TBA mayores que los ahumados a lo largo del procesado. Estos resultados podrían hacer pensar en un efecto protector del humo frente a los procesos de degradación de proteínas y de oxidación de lípidos.

Las mayores diferencias se observan en los compuestos volátiles que aparecen en mayor número en los lomos ahumados.

ABSTRACT

The dry cured loin from “Alentejo” is a meat product of a high sensory quality due to the raw material used but also to the technology of elaboration, which provides the formation of compounds responsible for its fragrance and characteristic taste. The use of different technologies provides a dry cured loin with very similar characteristics in every aspect both physic, chemical and sensory. In spite of the different procedure of seasoning made in the two lots of loin, by using a prickle brine in the lots that undergo a fume process and the traditional salting in the loins that are going to be dried there are greater differences than those caused but the smoke itself.

The works carried out by this thesis to achieve the degree of doctor are aimed at evaluating objectively the influence on the quality of the product, of the technology of elaboration used as well as the study of the degrading processes of the proteins, lipids and the physic properties which take place during maturity. To get this aim were used loins prepared by two different processes such as the smoked loin very much appreciated in Portugal and the dry process much used in Spain, so as to say – two different technologies.

The study of the parameters of the stabilization (moisture, water activity, water holding capacity, pH, chlorites, nitrites and nitrates) and microbiological evaluation were made as well as the evolution of the changes in the fractions with nitrogen (protein nitrogen, non protein nitrogen and their fractions and free amino acids) and of the lipids (free fatty, TBA, total of fat acids and its fractions, triglycerids, free fat acids and phospholipids). The volatile compounds and the aromatic polycyclic hydrocarbon and the evolution of the parameters concerning the colour and texture have completed this study.

The differences between the two technologies do not influence the main characteristics of the cured loin, taking into account slight differences in colour, flavour and taste in the sensorial evaluation which don't show a greater degree of acceptance from the consumers in any of these types of loin. The effects of the smoke, the increase of nitrites and nitrates and as a protector before oxidation and microbial growth are to be emphasized.

The results of the distinct determinations in the two types of technology were similar all along the process however, some differences are to be found which can be detected in the different methods used.

This is the case of distinct determinations such as WHC which presents a different evolution in the non smoked cured loins and the smoked loins. The ashes, the percentage of chlorite and nitrifican salts show higher values in the smoked loins than in the dry cured non smoked ones.

The non smoked dry cured loins show values of NNP, NBVT, and TBA higher all along the process than the smoked ones. These results could make us think of the protective effect of the smoked before the process of degradation of the proteins and oxidation of the lipids.

The greater differences were observed in the volatile compounds which are seen in a greater number in the smoked loins.

RESUMO

O lombo Alentejano curado é um produto cárneo de alta qualidade sensorial, devida por uma parte, à matéria prima utilizada e por outra à tecnologia de elaboração, que favorece a formação de compostos responsáveis pelo aroma e sabor característico. A utilização de diferentes tecnologias leva a um lombo curado com características bastante similares, em todos os aspectos físico, químico e sensorial. Não obstante o diferente procedimento de tempero realizado nos dois lotes de lombos, utilizando uma salmoura no caso dos lombos que vão ao fumeiro e uma salga tradicional nos lombos que vão a secar, causando maiores diferenças que as ocasionadas pelo próprio fumo.

Os trabalhos desta Tese de Doutoramento destinaram-se a avaliar objectivamente a influencia sobre a qualidade do produto, da tecnologia de elaboração utilizada, assim como o estudo dos processos degradativos de proteínas, lipídios e propriedades físicas que tem lugar durante a maturação. Para o que se utilizou lombos elaborados por dois processos diferentes, o fumado muito apreciado em Portugal neste tipo de produto e o “secado” tradicional utilizado em Espanha, duas tecnologias distintas.

Realizou-se o estudo dos parâmetros de estabilização (humidade, actividade de água, capacidade de retenção de água, pH, cloretos, nitritos e nitratos), e avaliação microbiológica, assim como a evolução das modificações nas fracções azotadas (azoto proteico, azoto não proteico e suas fracções e aminoácidos livres) e dos lípidos (gordura livre, TBA, ácidos gordos totais e as suas fracções, triglicerídios, ácidos gordos livres e fosfolípidos). Os compostos voláteis e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e também a evolução dos parâmetros da cor e textura que completaram este estudo.

As diferenças entre as duas tecnologias não condicionam as principais características de lombo curado, verificando-se ligeiras diferenças de cor, aroma e sabor na avaliação sensorial que não se traduzem em maior grau de aceitação pelos consumidores em nenhum dos tipos de lombos. São destacáveis os efeitos do fumo, o acréscimo observado nos nitratos e nitritos, e como protector frente à oxidação e crescimento microbiano.

Os resultados das distintas determinações nos dois tipos de tecnologia foram similares ao longo do processamento, não obstante encontram-se algumas diferenças que se podem ver nos distintos métodos utilizados.

Este é o caso de distintas determinações como CRA que apresenta diferente evolução nos lombos curados sem fumo e nos lombos fumados. Também a cinza, a percentagem de cloretos e os sais nitrificantes apresentam maiores valores nos lombos fumados que nos curados sem fumo.

Os lombos curados sem fumo apresentam valores de NNP, NBVT e TBA maiores ao longo de processamento que os fumados. Estes resultados podiam fazer pensar no efeito protector do fumo frente ao processo de degradação de proteínas de oxidação de lípidos.

As maiores diferenças observaram-se nos compostos voláteis que aparecem em maior número nos lombos fumados.

INTRODUCCIÓN

I – INTRODUCCIÓN

I – 1 Lomo Curado de Cerdo Ibérico

I – 1-1 Origen y Evolución Histórica

Los productos tradicionales contribuyen al desarrollo del mundo rural y a su valoración, preservando las condiciones ambientales naturales. Estos productos respetan los ecosistemas existentes, la biodiversidad y el patrimonio genético. A largo de los tiempos estos productos han ido conquistando un lugar destacado en las preferencias de los consumidores que están dispuestos a pagar un justo precio por una calidad determinada asociada a un origen, a un modo de producción y a unas características sensoriales inigualables sin olvidar la garantía de seguridad sanitaria.

El lomo curado es uno de los productos del cerdo Ibérico (*Sus ibericus*), es una pieza entera, elaborada con la masa común lumbosacra que abarca los músculos longissimus dorsi, ilio costal y semiespinal del tórax de cerdos adultos. Esta masa, libre de grasa externa, aponeurosis y tendones, se sala y se adoba con sal, pimentón, condimentos y aditivos autorizados y se embute en tripas naturales o artificiales, para sufrir un proceso adecuado de maduración y desecación.

Hay referencias que llevan a pensar que los egipcios fueron los primeros que desarrollaron la técnica de salazón de la carne de cerdo, durante la tercera dinastía año 2686-2613 a.C., cuando el cerdo no era considerado impuro, sin embargo son de los griegos las primeras referencias escritas de las salazones de carne de cerdo (Ordóñez, 2001). Aristófanes (445-385 a. C.) narra en su comedia Pluto, como el dios Hermes quiere comer jamones e Hipócrates (médico del siglo V a.C.) recomienda a un enfermo el consumo de jamón (Sanz Engaña, 1967).

La tradición de elaborar embutidos en el ámbito del Mediterráneo no se ha interrumpido desde la civilización grecorromana y ha permanecido casi invariable durante dos milenios en países como Grecia, Italia o Francia. De España y Portugal se puede afirmar otro tanto, si bien muchos embutidos se

enriquecieron y mejoraron su gusto con los productos procedentes de América, especialmente con el pimentón y en menor medida con la patata. (Barbancho, 2000).

Los griegos consumían cerdo pero no lo sabían ahumar. Comían su carne fresca o salada. Fueron los pueblos de la Europa Central y de la península Ibérica quienes transmitieron esta técnica, conquistando el paladar de los invasores romanos. Cuando las legiones de Roma llegaron al Alentejo, encontraron en las mesas de los autóctonos, lechones rellenos de hierbas aromáticas, asados en el horno. Estos lechones eran cebados con bellotas y mosto de uvas. Posiblemente un hábito dejado por Célticos, cuando se quedaron antes de los romanos. Los romanos cuando llegaron al Alentejo tomaron conocimiento con un cerdo más sabroso porque era alimentado con bollotas y tuvieron noticias de una cantidad de hierbas aromáticas que la cocina romana desconocía (Saramago, 1997).

Griegos y romanos ocasionalmente preparaban la carne de cerdo asada, frita, cocida o en salsas, pero lo más usual era que se salara o se embutiera. La carne desecada y salada permitía un alto grado de conservación y su utilización en el momento preciso. La sal era el conservante imprescindible para tratarla, por eso dice Varrón que los cerdos “mientras viven se conservan por el alma, después de muertos por la sal”.

El salado de la carne se hacía en las casas, Columela (XII 53) describe el modo de efectuar esta operación. Casi todas las partes del animal eran susceptibles de salarse, pero destacaban los jamones o perniles (perna), los lomos (tegora o tergora), la cabeza (capuz, sinciput), las costillas (costae) y el tocino (lardum o laridum) que era evidentemente lo más consumido (Plaut., Capt 901-908; Men. 210). El despiece de los animales, como señalan Blanc y Nercessian (1992), citado por Barbancho (2000), se regía por técnicas muy similares a las actuales como se desprende de los análisis efectuados en los restos óseos hallados en las excavaciones arqueológicas.

El salado se completaba generalmente con el ahumado, como aún se hace en muchas zonas de la geografía española, y estas tareas se solían realizar preferentemente entre Diciembre y Febrero. Catón (Agr. 162) describe al detalle como se deben efectuar las operaciones de salado, oreo, ahumado, curación y conservación de jamones.

Por lo que se refiere a la utilización de especias y condimentos Cristóbal Colón escribe en su diario el día 15 de Enero de 1493, que ha conocido la malagueta (guindilla), que es “mejor que pimienta” y la trae a Europa lo mismo que algún tiempo después aparecía el pimienta dulce. Su mayor influencia en la cocina Alentejana ha sido en el acondicionamiento de la carne de cerdo, junto con el ajo para ser consumida en fresco y antes de ser embutida y ahumada. Con la masa de pimentón, molida y fresca, las variedades de embutidos se amplían, enriqueciendo su gusto y permitiendo una mejor conservación. A partir de la época en que el pimienta entró en el adobo de la carne del “ahumador” los embutidos empezaron a elegirse en función de las características de palatibilidad proporcionadas por la cantidad de pimentón utilizado (Saramago, 1997).

I – 1-2 Producción, Calidad y Certificación

En la década de los ochenta existía gran heterogeneidad en la calidad de los productos que se vendían como Ibéricos en España o como Alentajanos en Portugal. Esto llevaba a que no siempre existiera una correlación entre calidad de los productos y su precio final. Se utilizaban distintos nombres con alusiones a regiones geográficas, la raza o la alimentación de los cerdos con bellota, sin existir una relación directa entre estos y la calidad, originando una desconfianza en el consumidor, que no siempre compraba la calidad esperada.

Por estas razones las entidades regionales con el apoyo de las administraciones públicas comenzaron a trabajar en la promoción de acciones de mejora de la calidad y para aprovechar los valores añadidos de los productos artesanales, garantizando una calidad y una genuinidad.

La UE en 1992 publicó el Reglamento 2081/92 (JOCE 1992 b) para la garantía de una determinada calidad que sanciona fraudes e imitaciones sin categoría y más tarde en Portugal se publicó el Despacho Normativo nº293/93 de 1 de Octubre (DR 1993) que establece las reglas nacionales para hejecución de este Reglamento.

Los Productos tradicionales encuentran protección en la legislación Nacional y Comunitaria por disposiciones de reconocimiento de las

Denominaciones de Origen (DO), Indicaciones Geográficas (IG), y Certificados de Especialidad (CE) que son los Reglamentos (CEE) nº 2081/92, (Protección De las Denominaciones de Origen y de las Indicaciones Geográficas de los productos agrícolas y géneros alimenticios), 2082/92 (especificidad y tradición de los productos agrícolas y géneros alimenticios) y 2092/91 (modo de producción biológico y su indicación en productos agrícolas y géneros alimenticios) del Consejo Europeo, y aplicadas en Portugal por el Despacho Normativo nº 47/97 (IMAIAA 1999). Se pretende además con estas medidas garantizar a los consumidores la información correcta y el control de los productos que se ajustan a una Norma de Calidad específica.

Una de las principales características del sector cárnico que abarca los productos del cerdo Ibérico, es la marcada estacionalidad de la producción, entre Diciembre y Marzo. La producción de estos cerdos es fundamentalmente para la industria chacinera, siendo escaso su consumo en fresco.

En los últimos años se ha producido un aumento del consumo de carne fresca de cerdo Ibérico con la comercialización de piezas no diferenciadas hasta hora, como el secreto o la presa entraña (descritas anatómicamente por Mayoral y col., 2003) Este tipo de piezas ha alcanzado gran aceptación entre los consumidores, mejorando las condiciones de mercado.

Las tecnologías de fabricación de embutidos crudo-curados difieren entre los diferentes países en función de la materia prima, aditivos, métodos de picado, embutido, madurado, ahumado o secado. En Europa encontramos claras diferencias entre los países mediterráneos, los del norte y centro. Así, mientras en los primeros se elaboran embutidos donde la estabilidad y seguridad se basan en la deshidratación, en los segundos, la fermentación unida al ahumado permite la obtención de un producto igualmente estable y seguro pero menos deshidratado. En Norteamérica, los sistemas de elaboración están basados en fermentaciones rápidas a elevadas temperaturas, eliminándose, en algunos casos, la etapa de deshidratación (Salgado, 2003).

La elaboración de embutidos crudo-curados posee una gran tradición en nuestros países, existiendo una amplia variedad con características muy bien definidas, que dependen de las distintas regiones donde se elaboran.

En la “Guía dos Produtos de Qualidade” del Ministerio de Agricultura Portugués encontramos distintos lomos curados, de cerdo Ibérico (Alentejano) con denominaciones de origen, indicación geográfica protegida o en proceso de obtención de estas denominaciones como se puede ver en la Fig. I.1

Lomo		Ingredientes	Tecnología	Producción (fresco)
Lombo Branco de Portalegre	IGP	Sal, Ajo	Cámara	≈ 10 T/año
Lombo Enguitado de Portalegre	IGP	Sal, Ajo, Pimiento	Ahumado	≈ 10 T/año
Paia de Lombo de Estremoz e Borba	IGP	Sal, Ajo, Pimiento	Ahumado	No cuantificado
Paio de Lombo de Barrancos	-----	Sal, Ajo, Pimiento	Cámara	≈ 18 T/año
Paio Branco	-----	Sal, Ajo	Ahumado	No cuantificado

Figura I.1: Lomos curados recogidos en la “Guía dos Produtos de Qualidade” del Ministerio de Agricultura (HIDRa, 2004).

Otros lomos se citan en algunos guías con posibles denominaciones, como el “Paio de lombo de Portel” y también el “Paio de lombo de Santana da Serra”.

Según Luzón y Martín (2001) en España se encuentra lomo embuchado de cerdo Ibérico en Salamanca, Cáceres y Badajoz, caña de lomo en Huelva y en Segovia y lomo curado de cerdo blanco elaborados todos con tecnologías similares (adobo y curado en secaderos naturales o controlados).

La presentación es en vela, con una longitud que oscila entre 50 y 70 cm, se trata de piezas enteras adobadas con sales de curado sin grasa añadida. Una vez embutidos son sometidos a condiciones controladas o naturales de temperatura y humedad, con humo o no, para que pierdan agua y adquieran las características típicas del producto.

Es sin duda un producto de elevada calidad con un precio elevado en el que se busca fundamentalmente una calidad sensorial excepcional. Este

elevado precio hace que hasta ahora su producción en Portugal no sea demasiado grande. De lo expuesto se deduce que las extraordinarias características sensoriales determinan que el consumidor esté dispuesto pagar un precio elevado. Son las características artesanales asociadas a una región y a una tradición lo que atrae al consumidor independiente de su valor calórico, su composición o su valor nutritivo.

I – 1-3 Tecnología de Elaboración del Lomo Ahumado y Secado

Las características de calidad de la carne y los productos del cerdo Ibérico, se basan en la composición de la materia prima, que está condicionada por la propia raza y por el sistema de explotación (ejercicio, alimentación edad y peso al sacrificio) y por otro lado, por las condiciones del procesado. Los atributos más destacados son el intenso color rojo que presentan tanto la carne fresca como los productos curados (especialmente el jamón y el lomo), el alto grado de infiltración grasa, que da lugar al aspecto veteado, el brillo al corte y el característico aroma (Muriel, 2003).

Aunque los procesos de elaboración de los lomos crudos-curados varían en función de la tecnología utilizada todos ellos se elaboran con una pieza entera de lomo que se adoba. Los distintos ingredientes que se utilizan en el adobo tienen efectos en las características sensoriales y también sobre la estabilidad del producto.

La estabilidad se debe fundamentalmente a un descenso de la actividad de agua por la adición de sal y por la deshidratación durante la maduración. Contribuyendo al efecto bacteriostático e inhibidor de la germinación de esporos de *Clostridium botulinum* la utilización de nitratos y nitritos y las especias con actividad antimicrobiana. Durante el procesado debe conseguirse una estabilidad de manera que el producto pueda mantenerse a temperatura ambiente sin riesgo de alteración, una vez finalizado todo el proceso de elaboración.

Las principales especias utilizadas en el adobo del lomo Ibérico son el pimentón (*Capsicum annuum*, L.) y el ajo (*Allium sativum* L.) Fig. 1.2 cualquiera que sea la tecnología de curado. El pimentón se añade principalmente con el

fin de aportar sabor y color al producto, aunque recientemente se ha descrito que también posee un potente efecto antioxidante (Aguirrezábal y col., 2000) y según Vandendriesseche y col (1980), Nes y Skjellvale, (1982) también tiene efecto en la estimulación de la producción de ácido láctico. Puglia y Seperich (1983) señalaron que este efecto podía estar relacionado con la presencia de manganeso, que es necesario para las bacterias acidolácticas, ya que resulta esencial para determinadas enzimas, entre las que se encuentran enzimas de la glucólisis, como la frutosa 1-6 difosfato aldolasa (Kandler, 1982). Mateo y col., (1997) encontraron en el pimentón, compuestos volátiles como el ácido acético, etilacetato, fenoles, aldehídos ramificados etc., caracterizados por un bajo umbral de olfacción. Por lo que respecta al ajo, el principal compuesto de su aceite esencial, es el dialilo de sulfuro que es el responsable de su fuerte y penetrante olor. Se añade de forma tradicional para aportar sabor, y posee una importante actividad antimicrobiana, especialmente cuando es añadido como ajo en polvo. Su actividad antioxidante, aunque existente, es menor que la del pimentón (Aguirrezábal y col., 2000).



Figura I.2: Lomo Curado Ahumado.

La elaboración de lomo embuchado de cerdo Ibérico se desarrolla de manera muy similar en el lomo ahumado y en el madurado en cámara de

secado de condiciones ambientales controladas, Siendo muchas de las fases de procesado comunes como puede verse en la Fig. I.3

FASE	AHUMADOS	SECADOS
Recepción de la canal	24h/1C°	24h/1C°
Despiece de la canal	Lomos	Lomos
Limpieza y Preparación De la pieza	Cortados en rectangular limpios de grasa	Cortados en rectangular Limpios de grasa
Reposo	36h/1C°	36h/1C°
Adobo	Salmuera	Frotación con la mezcla de adobo
Reposo	48h/4C°	48h/4C°
Embutido	Tripa natural o artificial	Tripa natural o artificial
1ª Fase de secado	Ahumadero ≈ 48-50 C°; 2-20 días	Cámara ≈ 5C°; HR=90% ;3-7días
2ª Fase de secado	T=8-10°C; HR=75-80% Velocidad del aire=1m/s ≈ 4 meses	T=8-10°C; HR=75-80% Velocidad del aire=1m/s ≈ 4 meses

Figura I.3: Esquema del procesado de los lomos curados con tecnologías de ahumado y secado (adptado de Muriel, 2003).

El actual proceso de elaboración es heredero del método tradicional que comenzaba con el sacrificio del cerdo en los últimos meses del año, aprovechando así los meses más fríos del año para poder realizar la preparación del los lomos, el adobo y la salazón a bajas temperaturas. Todo el proceso sigue el ciclo natural de las estaciones de modo que con la llegada de la primavera y verano las temperaturas se van tornando más altas y la humedad relativa más baja. Las tecnologías de hoy permiten extender la producción pero manteniendo la calidad y el espíritu tradicional.

La tecnología de fabricación varía de industria a industria en los diferentes tipos de lomos, no obstante los principios generales son bastante similares en todos los sistemas seguidos, pudiendo dividirse en los sistemas

que utilizan el humo y los que usan cámaras de cura natural o condiciones ambientales controladas.

El proceso comienza con el sacrificio de los animales, la refrigeración de las canales y la obtención de los lomos. El lomo está situado en la zona paradorsal de la canal (Fig. I.4), y se secciona a nivel de la quinta vértebra torácica, dividiendo la pieza en una porción caudal o cinta de lomo y otra craneal o cabeza de lomo (Bermúdez y Córdoba, 2001).

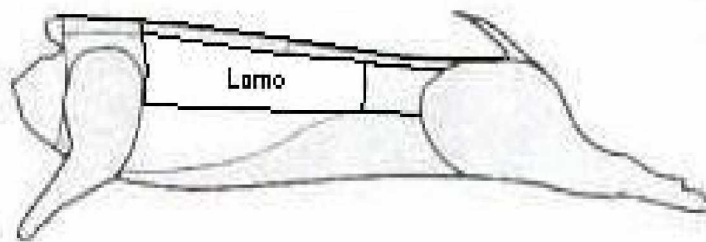


Figura I.4: Esquema de un boceto de la canal de cerdo, evidenciando el lomo.

Los lomos se refrigeran lo más rápido posible hasta situarse alrededor de 1° C cuando se van adobar. La finalidad de esta fase del proceso es la conservación de la pieza mientras se procede a la adición del cloruro sódico, de las sales nitrificantes y de las especias como el pimentón y el ajo. A continuación se mantienen los lomos en reposo para que penetren hacia el interior de la pieza los ingredientes del adobo y faciliten la deshidratación, la estabilidad microbiológica y den el sabor característico ligeramente salado, así como un color, aroma y textura adecuados. Transcurrido el tiempo variable de 48-72 horas y después de voltearlos para que el adobo sea homogéneo en todas las piezas y en toda su extensión, se procede al escurrido, que consiste en eliminar el exceso de adobo y los jugos de exudados de la superficie de los lomos. Los lomos se embuten en tripa artificial o en tripa natural y se atan manualmente con cuerdas de algodón. En la elaboración artesanal, tras el eviscerado del animal las tripas son vaciadas de contenido intestinal, lavadas con agua fría, raspadas e invertidas y se dejan en maceración 24 horas, con ajo y algunas especias, para eliminar olores anómalos. En la industria el aprovisionamiento de esta tripa se hace de proveedores homologados por la

industria, en barriles de tripa salada. Para su uso deben desalarlas y dejarlas para que recuperen su elasticidad y se eviten las roturas.

Para continuar el proceso los lomos se disponen colgados en palés. Dependiendo de la tecnología utilizada, los palés van al ahumadero o van a las cámaras de secado.

El ahumado se realiza de forma más o menos intensa a temperaturas altas y durante un tiempo variable. Durante el procesado se consigue una correcta acidificación del producto, se confieren unas características sensoriales propias y se incrementa la conservación.

La primera fase del secado y secado-maduración se realiza en condiciones de refrigeración y humedad relativa alta ($\approx 90\%$), para evitar que los lomos se deshidraten rápidamente.

Posteriormente se someten a temperaturas de aproximadamente 11-12°C con una humedad relativa entre 75-80% permaneciendo en esas condiciones cerca de 4 meses. Durante este tiempo la velocidad del aire en la cámara es de 1m/s, para que los lomos se deshidraten homogéneamente.

A lo largo del proceso de maduración los lomos sufren una serie compleja de modificaciones físico-químicas, bioquímicas y microbiológicas que conducen a la adquisición de su aroma, sabor y apariencia característicos. La pérdida de peso como resultado del proceso de desecación, provoca la concentración de la materia seca del producto, lo que se traduce, en cambios en la composición química. Simultáneamente, se producen alteraciones físico-químicas, en el pH y la actividad del agua y tienen lugar los fenómenos proteolíticos, lipolíticos y oxidativos. Estos cambios se deben a las transformaciones que los microorganismos y/o enzimas tisulares llevan a cabo sobre los músculos durante evolución del proceso de desecación.

I – 1-4 El Ahumado

Si en un pasado el ahumado tenía una finalidad de conservación de los alimentos, en la actualidad este procedimiento tecnológico tiene más interés en cuanto a la modificación de las características sensoriales que produce en los alimentos. En la actualidad existe una demanda creciente por parte los consumidores en función de esta modificaciones sensoriales más que como

método de conservación dado que en este caso los hay mucho más seguros y eficaces (Cava y Andrés, 2001).

El humo se produce por una combustión incompleta de la madera por, pirolisis (descomposición de los componentes de la madera por acción del calor) y reacciones de oxidación y condensación de los compuestos generados durante esta pirolisis.

La combustión completa de la madera produce agua, dióxido de carbono y cenizas. Los componentes funcionales de la madera son la celulosa, hemicelulosa y la lignina. La degradación térmica de esta da lugar, principalmente a la formación de ácido acético y de sus homólogos en el caso de la celulosa y hemicelulosa; mientras que la descomposición de la lignina genera fenoles y éteres fenólicos tales como el guayacol y el siringol y sus homólogos y derivados. El humo del ahumado puede distinguir, partículas no volátiles que se encuentran en suspensión en un medio gaseoso, formado por alquitranes, cenizas y hollín y sustancias en fase gaseosa que son los que contribuyen a conferir el aroma y color de los productos cárnicos ahumados.

Las principales familias de compuestos detectados en el humo son, compuestos fenólicos, carbonilos, ácidos carbonílicos, furanos, lactonas, alcoholes, ésteres y hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA) (Cava y Andrés, 2001).

El ahumado produce sobre los alimentos modificaciones en las características sensoriales deseables al tiempo que aumenta su conservabilidad. Las modificaciones beneficiosas se acompañan de efectos indeseables que se traducen por una alteración de calidad higiénica y del valor nutritivo por la contaminación de los mismos con ciertos hidrocarburos policíclicos aromáticos (en especial 3,4 benzopireno) y la destrucción de ciertos aminoácidos (Girard y Talon, 1983).

Los cambios producidos por el ahumado en las características de los productos pueden agruparse en los de cualidades sensoriales, sabor, color, textura y cambios en la conservabilidad de los productos debidos a un efecto antioxidante e inhibidor del crecimiento de microorganismos.

Los compuestos del humo responsables de los cambios en el sabor, parecen ser diversos y la mezcla de los mismos son los que dotan al producto del sabor y aroma característicos (Cava y Andrés, 2001).

Hasta hora no ha sido posible sustituir el efecto del humo sobre el sabor y el aroma, no solo por depender de sus componentes sino también por las reacciones que acontecen entre los compuestos del humo y los compuestos del producto. Las proteínas reaccionan con los compuestos con grupos carbonilo, seguido de los fenoles y los ácidos carboxílicos siendo esencialmente éstos los responsables del aroma a humo. El color conferido por la acción del humo resulta de la sedimentación de sustancias colorantes, principalmente compuestos fenólicos, los cuales sufren oscurecimiento por polimerización u oxidación. Sin embargo, la causa principal de la coloración oscura por la acción del humo reside en las reacciones de pardeamiento no enzimático o reacciones de Maillard. Esta implica la reacción de un grupo amino libre de las proteínas o de otros compuestos nitrogenados con los grupos carbonilos de los azúcares reductores, originando compuestos oscuros, las melanoidinas (Martins, 1989).

La acción del humo sobre la textura, es el resultado de la modificación por desnaturalización o coagulación de las fibras musculares de la carne o de la tripa, debidas al formol y a los vapores creosotados, produciendo el formaldehído una reticulación irreversible en el colágeno de las tripas. Esto influye en la solubilidad del colágeno, dando mayor resistencia al incremento de la temperatura. La coagulación proteica provoca la movilización del agua, aumentando el contenido acuoso en la superficie del producto, contribuyendo a la formación del color debido al aumento de la solubilidad de los productos hidrofílicos del humo (Möhler, 1980).

Además de estos efectos sobre las características sensoriales el ahumado determina un aumento de la conservabilidad debida a la acción limitante del crecimiento microbiano. Esta acción inhibidora de los gérmenes es más intensa en los lugares en los que la concentración de los componentes del humo es mayor, que suele ser la superficie de los productos. Por último, el humo presenta componentes capaces de actuar como antioxidantes de las grasas, reduciendo la oxidación de las mismas (Cava y Andrés, 2001).

Según Martins (1989) el ahumado puede tener efectos perjudiciales por disminuir el valor alimentario de los productos debido a la degradación de aminoácidos y de vitaminas y por vehicular productos tóxicos. Los fenoles en cantidades elevadas son tóxicos y el formaldehído parece tener una acción

mutagénica. Con respecto a este último compuesto, se ha señalado que el organismo posee un mecanismo para su desintoxicación y eliminación, por lo que se permiten niveles de formaldehído de 50mg/kg de alimento ahumado. Los productos que merecen mayor preocupación son los hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA) destacando el 3,4-benzopireno por su posible acción carcinogénica.

Son muchos los factores que intervienen en la cantidad y la composición del humo. Todos ellos dependen de la tecnología de su producción (tecnología de producción, naturaleza y grado de humedad de la madera, temperatura a la que se realiza la combustión y el flujo de aire en el generador), y del modo en que el humo es aplicado al producto (método, temperatura y humedad del ahumadero).

La evolución experimentada por los sistemas empleados para el ahumado de los productos ha sido muy importante en los últimos años. En los primeros sistemas de ahumado, el humo era generado en una solera donde se quemaba el serrín o la madera y los productos a ahumar eran expuestos directamente a los humos desprendidos en una chimenea en la que se producía el proceso de ahumado. En los sistemas modernos de ahumado, la cámara de producción de humo y la cámara de ahumado constituyen equipos diferentes, considerándose un gran progreso en la tecnología del ahumado la separación de ambas fases. Lo ventajoso de la separación de ambos procesos estriba en que durante el recorrido del humo hacia la cámara de ahumado se produce un enfriamiento del mismo, lo que favorece, que gran parte de los hidrocarburos policíclicos aromáticos, junto con los alquitranes, se depositan en las paredes de la conducción, alcanzando lo menos posible a los productos cárnicos. Al mismo tiempo se evita la caída de grasa sobre las maderas en combustión, reduciendo la generación de hidrocarburos policíclicos aromáticos (Cava y Andrés, 2001).

El proceso de ahumado depende de la elección de una madera adecuada procurando además que no sea una madera enmohecida, con lacas y/o pinturas y encoladas. Estos defectos ocasionan en el producto la aparición de defectos de sabor, debido a variaciones cualitativas y cuantitativas de compuestos fenólicos, responsables del aroma. Las maderas resinosas originan humos cargados con gran cantidad de de componentes sólidos

(partículas de hollín) que se depositan en la superficie de los productos e incrementan las concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos, que son indeseables. En el humo de madera se han identificado más de 400 compuestos volátiles, si bien aún no se ha establecido definitivamente cuales son los responsables del aroma a humo (Cava y Andrés, 2001).

El ahumado, salazonado y secado constituyen los procedimientos más antiguos para conservar la carne y los productos cárnicos. Los países de climas fríos, secos, soleados y con inviernos prolongados, resultan muy adecuados para la elaboración artesanal de productos alimenticios secos curados. Por lo que se refiere al ahumado, en el norte de Europa, con climas muy rigurosos el pescado ahumado, como el salmón, trucha, arenque son productos con una larga tradición histórica. También en España en zonas como los montes de León y las estribaciones de la Cordillera Cantábrica se utiliza el humo en la tecnología de fabricación de algunos productos, como la Cecina de León que tiene Indicación geográfica protegida (IGP). En Portugal los productos ahumados predominan a lo largo de todo país, desde el Norte, (con madera de roble) en la zona de Barroso-Montalegre ("Presunto de Barroso", "Salpicão", "Chouriça de Carne"), Trás-os-Montes ("Presunto de Lamego", "Salpicão de Vinhais" "Chouriça de Carne"), hasta el Sur (con madera de encina y alcornoque), en la Provincia de Alto Alentejo, zona de Portalegre ("Paio Branco", "Lombo Enguitado", "Painho") y en la zona de Estremoz y Borba ("Paia de Lombo", "Chouriço Grosso", "Paio") y también en la Provincia de Bajo Alentejo, en Beja, ("Paio de Beja", "Linguiça do Baixo Alentejo") se pueden citar otros productos cárnicos, pero estos son un ejemplo de los muchos que utilizan el humo unido al secado para obtener productos de calidad (HIDRa, 2004).

I – 1-5 El Secado

El secado junto con la salazón, han sido los métodos más utilizados a lo largo de los tiempos para conservación de alimentos. Los pueblos antiguos utilizaran el sol para promover la desecación de las carnes y pescado. Cuando se habla de un proceso de secado en la industria cárnica, nunca se piensa en

una eliminación total del agua, sino no en extraer la cantidad mínima para conseguir, un producto que sea estable y que posea unas características optimas de sabor, textura, color, etc.

La industria tiene este proceso muy estandarizado mediante el control de la temperatura y la humedad relativa consiguiéndose un producto con un rendimiento óptimo. Para la elaboración artesanal se recurre a la colocación del producto en lugares ventilados y frescos donde circule el aire y facilite la deshidratación.

El secado es un proceso complejo en el que no solamente se debe eliminar una cantidad determinada de agua, sino que tienen lugar muchos fenómenos físico-químicos que producen modificaciones en los componentes del producto y son los responsables de su calidad característica.

Los procesos de secado en la industria de la carne están siempre asociados al proceso de salazón, por lo que se deben considerar los factores más importantes que intervienen en el mismo:

- La evaporación superficial del agua
- El movimiento del agua (difusión) desde el interior del producto a la superficie
- La transmisión de calor para producir la evaporación del agua
- El movimiento de la sal en el interior del producto que condicionará la estabilidad microbiológica, la difusión del agua hasta a superficie y su posterior evaporación.

Los mecanismos mencionados se producen en el secado de manera simultánea y cada uno de ellos influye en los restantes. Cuando se produce la evaporación superficial hay un descenso de la temperatura debido al calor latente de vaporización, este descenso origina una diferencia de temperatura entre la superficie y el aire con lo que hay una transmisión de calor de este último hacia el producto. Al producirse una evaporación de agua en el superficie se crea un gradiente de concentración entre la superficie y el interior, lo cual provoca la difusión del agua del interior hacia la superficie y también una concentración superior de la sal (NaCl) lo que provoca una diferencia de concentración con el interior y la consiguiente difusión de la sal hacia el centro del producto.

El fenómeno de difusión de la sal, se produce simultáneamente al movimiento del agua, ya comentado, pero su sentido de flujo es contrapuesto. En cuanto se evapora el agua en la zona superficial, se aumenta la concentración de sal y por tanto tiende a difundir hacía el interior, siendo este fenómeno continuo (Carrasco, 2001).

Se ha observado en jamón y otros productos que el salado con sal sólida es más favorable a la deshidratación, mientras que el salado con salmuera favorece más la entrada de sal, y por lo tanto la etapa de secado es ligeramente más lenta para los productos que utilizaron salmuera (Flores, 2003). Las variables que intervienen directamente en el proceso de secado de los alimentos, como la temperatura, humedad, presión de vapor superficial y actividad de agua y la temperatura, humedad relativa y velocidad del aire, del entorno, están estrechamente relacionadas y contribuyen a la conservación de los alimentos.

La velocidad de secado depende de la velocidad de difusión del agua desde el interior del producto hasta el superficie, el secado finaliza cuando se iguala la humedad en todo el producto con la del aire (Carrasco, 2001).

En la elaboración tradicional esta fase se desarrolla en las partes altas de las casas o en secaderos naturales expuestos a las condiciones climáticas ambientales, regulando la temperatura y humedad relativa mediante la apertura y cierre de los ventanales. Actualmente muchas de las industrias tienen secaderos mixtos, teniendo como único cambio la implementación con sistemas reguladores de la temperatura y humedad relativa, evitando las repercusiones negativas que las condiciones climáticas pueden tener en el producto acabado.

En Portugal los productos solamente secados tienen poca difusión, se destaca el “Lombo Branco de Portalegre” con IGP y los productos de la región de Barrancos como el “Presunto de Barrancos” con DOP, el “Salsichão de Barrancos”, “Paio de Lombo de Barrancos” y el “Catalão de Barrancos” que llegó a Barrancos con los refugiados de Cataluña durante la Guerra Civil de España (HIDRa, 2001).

I – 2 Modificaciones físico-químicas

I – 2-1 Humedad relativa y temperatura

Las condiciones ambientales del secadero tienen un efecto directo sobre la maduración de los productos curados, la temperatura y la humedad relativa desde el salado hasta el fin del proceso influyen en el crecimiento microbiano, en la proteólisis y lipólisis y por supuesto en el desarrollo del flavor y la textura.

Arnau y Gou (2001) han observado que la humedad relativa del aire determina el contenido de agua de la superficie del jamón y la flora microbiana superficial y con toda seguridad (aunque no este descrito en la bibliografía consultada) en el lomo ocurre lo mismo.

La actividad del agua en la superficie está en equilibrio dinámico con la humedad del aire de la cámara en la que se encuentra el producto y con la distribución de la humedad en el interior del producto.

El control de la temperatura del proceso de elaboración de los productos curados pretende, por una parte, estabilizar la pieza, y por otra desarrollar las características sensoriales propias de un producto de calidad. Las condiciones de procesado deben ir encaminadas a conseguir ambos objetivos (Martín, 1996).

Un lomo se considera de excelente calidad, cuando una buena materia prima ha madurado el tiempo necesario en condiciones idóneas de temperatura y humedad permitiendo que la grasa infiltrada y los otros componentes den lugar a una textura aroma y sabor ideales. En los productos cárnicos hay que dar tiempo al tiempo (Luzón y Martín, 2001).

I – 2-2 Contenido en agua

El contenido de agua en la carne es muy elevado, alrededor del 75% y sin embargo, tiene una estructura sólida y se comporta como un sólido en todas las circunstancias, incluso cuando está picada mantiene una gran cantidad de agua.

Las uniones del agua al resto de los componentes de la carne no están aclaradas en su totalidad, pero hay algunas evidencias claras. El agua se comporta como un dipolo, una fracción considerable puede ser atraída eléctricamente por cargas de las proteínas, estableciendo diversas capas de hidratación alrededor de ellas con fuerza de atracción progresivamente inferior, el agua ligada representa un 10% del peso total de la carne. El resto del agua debe permanecer retenida por fuerzas físicas, fundamentalmente por fuerzas de capilaridad (López, 2001).

Mucha del agua que se encuentra en el músculo esta localizada dentro de las miofibrillas y en los espacios entre los filamentos gruesos y delgados, parte de este agua se encuentra en forma libre mientras el resto está unida a las proteínas. A lo largo de los procesos de curado la humedad va disminuyendo lo que implica un descenso de actividad de agua (a_w) y por tanto hay un menor riesgo de alteración por los microorganismos (Ruiz, 2005). Ordóñez (2001) cita varios autores que determinaron la humedad en jamones desde el inicio en fresco con humedad de 72-75% hasta el fin del proceso de curado con 53-63% en cuanto a Salgado (2003) determinó una humedad de 18-49% en chorizo de cebolla gallego y Muriel (2003) ha encontrado una variación de humedad, en lomos frescos de 67-69 % hasta lomos curados con una humedad de 33-35%.

La a_w es un término que refleja la disponibilidad de agua que existe en un alimento para las reacciones bioquímicas y de crecimiento microbiológico. Se define como la HR del aire en equilibrio con el producto (Fenemma, 1982). La a_w es muy útil para predecir los cambios en los alimentos (Van den Berg y Bruin, 1981).

La tasa de secado en los productos cárnicos crudos curados depende de la transferencia de masa desde el interior del producto a la superficie del mismo y hacia el exterior, la transferencia externa depende de la HR, la temperatura, la velocidad del aire, la presión y también del área y de las propiedades de la superficie expuesta, mientras que la transferencia interna depende de las propiedades intrínsecas del producto (Ruiz, 2005).

Las diferencias en el exudado de la carne se explican fundamentalmente por los cambios de la estructura de la misma, y también por la

desnaturalización de las proteínas que hacen que pierda la capacidad de retener agua.

La capacidad de retención de agua tiene un máximo interés en la tecnología de la carne, no solo por las repercusiones en la apariencia y jugosidad, sino por su influencia en procesos, como la deshidratación y la difusión de la sal en el interior de piezas cárnicas enteras, (como es el lomo, una pieza de cerca de 50cm de largo y un diámetro de 60-70mm). Este hecho tiene mucho significado en los productos cárnicos crudos madurados. La capacidad de retención de agua condiciona, además el color y la jugosidad de la carne en los primeros momentos de la masticación (Lopez, 2001).

Ruiz y col., (2005) estudiaron la influencia de la actividad del agua y de la humedad en la textura del lomo curado, confrontando las determinaciones en la superficie de lomos encostrados y no encostrados. El lomo encostrado se caracterizó por presentar mayor dureza y masticabilidad y menor cohesividad en la superficie, que el lomo no encostrado. Encontraron una relación lineal de la actividad de agua y el contenido de humedad con la dureza y también con la cohesividad pero no, con la elasticidad. Concluyeron entonces, que la humedad describía mejor la dureza y la masticabilidad que la actividad de agua. Según estos autores el seguimiento “on-line” de la actividad de agua y humedad permitirían estimar los parámetros de textura y prever la formación del encostrado.

No debemos olvidar que el encostrado se define como una capa superficial más dura que el interior del producto, con baja elasticidad que puede originarse por un secado demasiado rápido de la superficie, por migración del agua del interior más lenta, que la deshidratación en la superficie, o la presencia de remelo (limo superficial).

La deshidratación y las velocidades de evaporación y difusión del agua han de ser lo más homogéneas posible con el fin de evitar problemas de texturas blandas en el interior, falta de homogeneidad o acortezamiento. La pérdida de agua en cada músculo depende de su situación en el conjunto de la pieza. Un músculo externo como el *Gracilis* en el jamón llega a un 30% de humedad al fin de 7 meses de curado, mientras que el *Bíceps femoris* en el interior de la pieza conserva un 60% de humedad en el mismo tiempo de curado (Arnau y col., 1995). Así pues, el proceso de deshidratación va a

determinar el grado de dureza y jugosidad de los productos secos curados (García-Garrido y col., 1999).

Sin embargo, estos defectos de textura se encuentran más estudiados en jamones y no podemos comparar los resultados sin recordar que los lomos están embutidos en tripa y por lo tanto tienen una barrera con una determinada permeabilidad, entre el producto y las condiciones ambientales.

Las tripas naturales son envases tradicionales para los embutidos cárnicos. La estructura básica de las tripas animales es el colágeno. El colágeno requiere aplicación del calor seco para alcanzar un nivel óptimo de permeabilidad a la humedad y mayor capacidad de penetración frente al humo. En la fase inicial del procesado un producto elaborado en tripa animal exige un tratamiento de desecación más suave con el objeto de conseguir una adecuada permeabilidad al humo. Tras la aplicación del humo y después de alcanzar el color y el contenido en sustancias del humo apropiado, un secado posterior acaba por convertir a la tripa en un material impermeable casi por completo a la humedad (Cava y Andrés, 2001).

I – 2-3 Las sales del curado

La sal es el ingrediente imprescindible en los productos curados. El cloruro sódico y las sales del ácido nítrico, por separado o mezclados en distintas proporciones en unos u otros embutidos, son fundamentales por intervenir de forma evidente en el color y sabor, por facilitar la conservación del embutido al disminuir la actividad del agua y por contribuir a la textura al favorecer la disolución de los componentes proteicos musculares. La sal contribuye también al aroma característico de los embutidos, siendo posible que interaccione con los componentes del tejido muscular y/o adiposo y otros compuestos como los nitritos, formando diversas sustancias aromáticas (Salgado, 2003).

Por otra parte se ha descrito un efecto oxidante de la sal sobre las grasas (Olson y Rust, 1973; Chen y col., 1984; Barbut y col., 1985). Esta acción pro oxidante, se cree que es debida al anión cloruro y otros iones metálicos que

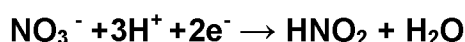
se incorporan como impurezas (Ellis y col., 1968) que en contacto con la grasa puede llevar a formación de peróxidos y provocan gusto a rancio.

La sal aumenta la fuerza iónica y favorece la solubilización de las proteínas miofibrilares que al coagular por acción de pHs bajos proporcionan la textura y cohesión adecuadas (Lücke, 1985). En concentraciones superiores a 4%, la sal desnaturaliza las proteínas y disminuye su capacidad de retención de agua, su solubilidad y su poder emulsificante. La capacidad de retención de agua de una proteína es mínima en su punto isoelectrico, formando puentes electrostáticos, que dan a la proteína una estructura cerrada con cadenas proteicas muy juntas. El punto isoelectrico de una proteína de la carne es de 5,0-5,2 pero cada proteína tiene su propio punto isoelectrico. La sal rompe las uniones electrostáticas, señalando el ion a Cl^- como el responsable (Haman, 1972) debido a su gran movilidad, que le permite penetrar mejor en el entramado de la estructura cuaternaria de las proteínas y acceder más fácilmente a las cargas positivas para neutralizarlas. Esto origina una desproporción de cargas positivas que disminuyen en relación a las cargas negativas y se produce el desplazamiento del punto isoelectrico, como consecuencia el pH de la carne se aleja del punto isoelectrico, abriendo la estructura y aumentando la capacidad de retención de agua (Salgado, 2003).

La sal ejerce en los productos curados, desde el punto de vista microbiológico un doble efecto beneficioso; por una parte inhibe la microbiota Gram- de la que forman parte agentes de putrefacciones y de procesos alterativos indeseables y en ocasiones causantes de intoxicaciones y toxiinfecciones alimentarias que pueden afectar la salud del consumidor. Por otra parte favorece el desarrollo de la microbiota halotolerante (micrococcaceae, bacterias ácido lácticas, mohos y levaduras), que junto con las enzimas del músculo, son responsables de los procesos proteolíticos y lípolíticos que ocurren durante la maduración de estos productos y que dan origen a los compuestos que proporcionan el sabor y aroma característicos. Los microorganismos más resistentes a la sal son los Gram+, y dentro de este grupo los más tolerantes son los microorganismos de la familia *Micrococcaceae*, que pueden crecer a valores de actividad del agua por debajo de 0,90. Los mohos y levaduras y la biota acidoláctica presentan también una resistencia considerable a la sal.

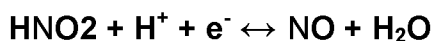
Los nitratos y nitritos se añaden de forma accidental como impurezas de la sal o son añadidos intencionalmente separados o juntos. Los más utilizados son el nitrato potásico (E-252) utilizado como conservante y como reserva de nitrito, transformándose lentamente en éste y el nitrito sódico (E-250).

El nitrato por si solo carece de efectos, pero normalmente es reducido a nitrito, según la reacción:



El nitrato sódico o potásico en medio rico en agua, se disocia a ión nitrito por acción de nitratorreductasas producidas por microorganismos. Los microorganismos que llevan a cabo esta reducción son los micrococcus, que proliferan a bajas temperaturas y a las concentraciones iniciales altas de sal, aunque se inhiben a pHs inferiores a 5. También algunas cepas de Enterococcus y otros microorganismos son capaces de reducir el nitrato, pero tienen características patogénicas y por lo tanto son indeseables.

El nitrato no tiene incidencia en el color, pero es precursor del nitrito, que sí interviene en la estabilización del color: Así



Se cree que el poder oxidante del nitrito es menor que el del nitrato debido a que el anion NO_2^- es un potente oxidante. Frouin y col. (1976) señalaron que la primera reacción es una reacción de oxidorreducción entre el nitrito y un reductor (p.e. NADH) que sirve para transportar NO:



En una segunda fase, el NO se fija en la mioglobina oxidando el hierro de Fe^{2+} a Fe^{3+} , formando la nitrosilmetamioglobina:



En una tercera fase la nitrosilmetamioglobina (MbFe(III)NO) se reduce a nitrosilmioglobina de color rosa (MbFe(II)NO) bajo influencia de un reductor natural como el NADH, o ferrocitocromo. Al desarrollo del color de los embutidos crudos curados, también contribuyen los lactobacilos, ya que acidifican el medio, favoreciendo la aparición de óxido nítrico para formar

nitrosilmioglobina, pigmento característico y responsable del color de estos productos.

Los nitritos contribuyen al desarrollo del aroma característico de los productos cárnicos curados, y en cantidades inferiores también contribuyen al desarrollo del aroma típico de las carnes curadas. Por otra parte poseen una potente acción antimicrobiana principalmente sobre los gérmenes banales y las Enterobacteriaceae siendo menos sensibles los Streptococcus y las bacterias lácticas. Los nitritos poseen actividad inhibitoria del *Clostridium botulinum*, lo que les hace interesantes al reducir el riesgo de producción de toxina. Este efecto está relacionado con el ácido nitroso en forma no disociada, que es mayoritario en medios ácidos (Salgado, 2003).

El efecto inhibidor de los esporos del *Clostridium botulinum* depende de la acción conjunta con diversos factores como la concentración salina, la temperatura y el pH del producto y de la carga de esporos (Frías y col., 1992; Wirth, 1993).

Distintos autores (Igene y col., 1985; Morrissey y Tichivangana, 1985) opinan que los nitritos ejercen un efecto antioxidante sobre los lípidos en los embutidos crudos curados, esta acción antioxidante se hace a tres niveles:

- estabilizando los lípidos dentro de la membrana de las fibras musculares y de los adipocitos
- evitando la liberación de hierro de los pigmentos hemo (el hierro puede funcionar como catalizador de los procesos de oxidación)
- interaccionando con el hierro liberado, formando complejos y evitando su actuación.

La utilización de los nitritos en los productos curados lleva a tres tipos de problemas:

- Posible formación de nitrosaminas.
- Presencia de nitrito residual
- Reacciones con componentes de la carne que originan compuestos desconocidos.

La detección de nitrosaminas en estos productos ha conducido a estudios encaminados a la reducción de su utilización, sin tener en cuenta su total prohibición por su actividad frente a la intoxicación botulínica (Martins, 1987).

I – 3 Modificaciones en los compuestos nitrogenados

Las reacciones de transformación de las proteínas tienen un papel fundamental en la calidad sensorial de los productos alimentarios en general, y en especial en los productos cárnicos curados. Estas transformaciones ocurren normalmente por ruptura o escisión de los enlaces peptídicos de las proteínas, originando péptidos y después las unidades básicas o aminoácidos.

La evolución de este proceso se sigue a través del nitrógeno proteico, (NP) del nitrógeno no proteico (NNP) y por cuantificación de las distintas fracciones de éste; como el nitrógeno peptídico (NPet), nitrógeno aminoacídico (NAmi) y el nitrógeno básico volátil (NBV) y también los aminoácidos libres.

En la evolución de las distintas fracciones del NNP a lo largo de la maduración se pueden distinguir dos fases. Desde el salado hasta el inicio del secadero se produce una proteólisis que podría ser la continuación de la degradación que sufren las proteínas postmortem, llevada a cabo por enzimas del músculo (catepsinas), debido a que algunas permanecen activas durante largo tiempo. En la fase final de secadero y bodega las reacciones de degradación de proteínas utilizan como sustrato los fragmentos intermedios resultantes de hidrólisis previa de las proteínas musculares, por peptidasas, carboxipeptidasas y aminopeptidasas, hasta originar aminoácidos libres (Ventanas y Timón, 2001).

Los aminoácidos liberados pueden participar en otras reacciones como las reacciones de Maillard, y dar lugar a la aparición de melanoidinas y de compuestos volátiles, entre los que se destacan los compuestos azufrados, nitrogenados y los aldehídos de Strecker (Jurado, 2005)

Vandekerckhove (1977) describe la degradación de aminoácidos o proteólisis secundaria, que por descarboxilación lleva a formación de aminas. Las aminas encontradas en los productos curados son la histamina, tiramina, putrescina y cadaverina que provienen de los aminoácidos histidina, tirosina ornitina (por escisión de arginina) y lisina.

También por desaminación de los aminoácidos se forma el amoníaco, que con las aminas forma parte del nitrógeno básico volátil (NBV) (Córdoba y col., 1994).

Córdoba y col., (1991), Gil y col., (1999) y otros autores observando como se degrada la miosina (200.000D) y desaparecen bandas que se corresponden con la titina (10^6 D) y la nebulina (6×10^6 D), concluyen que la proteólisis afecta en mayor grado las proteínas miofibrilares de alto peso molecular, y también a las proteínas sarcoplásmicas y al tejido conjuntivo en menor medida.

La actividad de las enzimas proteolíticas va a depender fundamentalmente de las condiciones de procesado. La temperatura se considera el principal parámetro que determina dicha actividad. Los nitratos y los nitritos no parecen tener una influencia apreciable sobre la actividad enzimática, por el contrario, la sal ocasiona una disminución en la actividad de la mayoría de las enzimas proteolíticas y es un potente inhibidor cuando se alcanzan valores de actividad de agua inferiores 0,8 en jamón curado al final de la maduración (Jurado, 2005).

La actividad proteolítica y la aparición de péptidos y aminoácidos libres influyen de modo importante en la textura (Toldrá y Flores, 1998; Garcia-Garrido y col., 2000) el sabor y el olor.

Las proteínas por desnaturalización tienden a agregarse y gelificar, afectando a textura final del producto (Córdoba y col., 1991). Este proceso, probablemente, afecta en mayor grado a los músculos más externos como el *Gracilis* o el *Semimembranosus*, dado que contactan antes con la sal y se deshidratan más severamente. Sin embargo no hay estudios sobre la evolución de la desnaturalización proteica a lo largo del proceso, las posibles diferencias entre músculos y el efecto de dicha desnaturalización proteica sobre la textura del producto (Ordóñez, 2001). Martín (1999) estudió mediante electroforesis capilar el perfil de los compuestos nitrogenados observando la degradación producida durante la maduración y achacando un incremento en los aminoácidos libres a la inoculación realizada con *P. chrysogenum*. El aumento de los aminoácidos libres en los lomos inoculados presento valores superiores a los observados en los lomos control, madurados en condiciones de esterilidad, por lo que atribuye la proteólisis a la acción de las enzimas microbianas sobre las proteínas miofibrilares.

Diversos estudios señalan que el grado de proteólisis de la carne depende de la actividad enzimática de la misma, del grado de salazón, de la

deshidratación y de la temperatura del proceso. Como el conjunto de estos factores afecta a la textura, los defectos de textura, normalmente se asocian a fenómenos de proteolisis excesiva (García-Garrido y col., 2000).

Por otra parte, Jurado (2005) cita diversos autores que han encontrado una contribución destacada en el sabor de la carne y productos cárnicos de los productos resultantes de los procesos proteolíticos como péptidos y aminoácidos. El sabor característico de cada aminoácido ha sido estudiado individualmente y caracterizada la naturaleza de su sabor en cinco sabores: dulce, amargo, ácido, salado y umami. El quinto sabor, umami, es definido por un sabor a “caldo de carne” agradable o sabroso y corresponde a compuestos como el glutamato monosódico y determinados nucleótidos IMP (inosín monofosfato) y GMP (guanosín monofosfato). La mayoría de los L-aminoácidos de las proteínas tienen sabor amargo, y los D-aminoácidos poseen un fuerte sabor dulce. La glicina y L-alanina poseen un sabor dulce y se cree que es debido a que estas moléculas van unirse a los receptores de sustancias dulces. Los ácidos glutámico y aspártico disociados son ácidos pero sus sales sódicas se disocian en solución y dan sabor umami (Martín, 1996).

Tabla I.1: Sabor y umbral de reconocimiento de los aminoácidos en solución acuosa.

SABOR	AMINOÁCIDOS	UMBRAL
Dulce	Glicina ¹	1300mg/L
	L-Alanina ¹	600mg/L
	L-Serina ¹	1500mg/L
	L-Treonina ¹	2600mg/L
	L-Lisina ¹	500mg/L
	L-Prolina ¹	3000mg/L
Salado	Glutamato de sodio ³	300mg/L
	Aspartato de sodio ³	1000mg/L
Ácido	Acido L- aspártico ¹	30mg/L
	Ácido L-glutamico ¹	50mg/L
Amargo	L- Histidina ¹	200mg/L
	L- Arginina ¹	500mg/L
	L- Metionina ¹	300mg/L
	L- Valina ¹	400mg/L
	L- Leucina ¹	1900mg/L
	L – Isoleucina ¹ / L- Fenilalanina ¹ / L-Triptofano ¹	900mg/L
	L- Tirosina	Nd
	L-Lisina ²	80-90mmol/L
	L-Prolina ²	25-27mmol/L
Umami	Glutamato de sodio ¹	300mg/L
	Aspartato de sodio ¹	1000mg/L

Fuente: ¹ Kato y col, 1989 ; ² Adaptado de Belitz y Grosh, 1992 ³ Kirimura y col, 1969

En la tabla anterior se muestra la calidad predominante y la intensidad del sabor de los aminoácidos, expresada mediante el umbral de reconocimiento, que es la concentración más baja en la cual puede ser detectada con certeza por los degustadores (Belitz y Grosh, 1992). El umbral de reconocimiento de algunos aminoácidos es alto y la concentración en que se encuentran a veces esta por debajo de su umbral. Sin embargo pueden contribuir al sabor, como potenciadores del sabor por efecto sinérgico con otras sustancias (Kato y col., 1989; Schlichtherle-Cerny y Grosch, 1998).

Por otra parte, la degradación de los aminoácidos libres produce α -cetoácidos, los cuales se relacionan con la formación de compuestos volátiles, responsables del aroma, fundamentalmente por la vía de las reacciones de Strecker, que consisten en la desaminación oxidativa y descarboxilación de un aminoácido en presencia de un dicarbonilo y generando aldehídos, y también reacciones de Maillard. Estas reacciones forman compuestos volátiles que contribuyen al flavor de los productos curados (Jurado, 2005).

I – 4 Modificaciones en los lípidos

El cerdo Ibérico es una especie altamente adipogénica que conduce al depósito en sus tejidos corporales de una elevada cantidad de grasa. Los depósitos grasos en el cerdo se encuentran bajo la piel (grasa subcutánea) en el cavidad abdominal y entre los músculos y en el interior de los haces musculares en las denominadas grasa intermuscular e intramuscular respectivamente. Desde el punto de vista tecnológico es esta última la que tiene más interés. La acumulación de lípidos es muy notable en el tejido muscular y varia su contenido dependiendo del músculo del que se trate (Cava y Andrés, 2001).

Desde el sacrificio del animal los diferentes tipos de grasa que conforman la canal, son la base de una serie de modificaciones que conducen a la liberación de los ácidos grasos unidos al glicerol, que posteriormente serán el substrato para una sucesión de reacciones oxidativas que darán origen a una serie de compuestos aromáticos importantes para la calidad sensorial del producto. En la carne fresca y cocinada estas transformaciones se asocian con el deterioro de la calidad, pero en los productos cárnicos madurados contribuyen a su calidad característica cuando se dan de forma controlada y se generan olores y sabores con un cierto matiz rancio (Timón, 1999).

La grasa intramuscular están constituida mayoritariamente por lípidos neutros (triacilgliceroles, diacilgliceroles y monoacilgliceroles) y lípidos polares (fosfolípidos, glicolípidos, cerebrósidos, esfingolípidos, ceramidas y gangliósidos), juntamente con cantidades pequeñas de colesterol y sus ésteres, ácidos grasos libres y vitaminas liposolubles, constituyendo la fracción insaponificable. Esta alta proporción de triacilglicéridos se refleja en los ácidos

grasos totales, aunque con ligeras modificaciones en los ácidos grasos poliinsaturados linoleico y araquidónico, de la composición en ácidos de los triacilglicéridos (Antequera y col., 1992; Cava, 1994 y 1997; Tejeda, 1999).

El contenido en triacilglicéridos aumenta a medida que aumenta el contenido en grasa intramuscular, en cuanto que la porcentaje de fosfolípidos disminuyen. En general la composición en ácidos grasos de la grasa intramuscular del cerdo Ibérico, y por lo tanto de los triacilglicéridos, presenta valores extraordinariamente altos de ácido oleico (C18:1) de 50-58%, seguidos de palmítico (C16:0) de 22-25% y esteárico (C18:0) de 8,5-13% y al contrario de los anteriores, los ácidos poliinsaturados presentan proporciones bajas, como lo ácido linoleico (C18:2) de 5-9%, linolénico (C18:3) y araquidónico (C20:4) (Cava y Andrés, 2001).

Esta acumulación de lípidos en el tejido muscular depende del músculo que se trate, en el músculo masetero (m. *Masseter*) se han encontrado niveles de 5-8%, en el músculo semimembranoso (m. *Semimembranosus*) 5-9%, y en bíceps femoral (m. *Bíceps femoris*) entre 8-10% (Antequera y col., 1992; Cava, 1997; Tejeda, 1999). Muriel (2003) estudió el contenido de grasa intramuscular en muestras de los músculos *Masseter* y en *Longissimus dorsi* de cerdo Ibérico de varias estirpes y encontró valores de 4,4-4,5% en tres de las estirpes (Entrepelado, Lampiño, Retinto) y 2,4% en Torbiscal en el músculo *Masseter*, mientras que los *Longissimus dorsi* presentaron valores de 4,8-5,1% en las estirpes que presentaron mayores valores en el *Masseter* y un valor 3,7% en la estirpe Torbiscal. En el mismo estudio se concluyó que las diferencias de peso al sacrificio como variable no han tenido significado.

Los cambios experimentados por los lípidos a través de la denominada vía “lipolítico-oxidativa” permiten diferenciar dos etapas: a partir de los triglicéridos y, sobre todo de los fosfolípidos, liberación de ácidos grasos que posteriormente se oxidan produciendo primero compuestos intermediarios (peróxidos) y en seguida por escisión de las uniones dan un gran numero de productos, entre los más importantes se encuentran los aldehídos, alcoholes, cetonas ésteres, lactonas, etc. (Ventanas y Timón, 2001).

El desarrollo de procesos lipolíticos, tanto en carne fresca como a lo largo de la maduración de los productos curados, es provocado por acción de enzimas endógenas y exógenas. Las primeras se encuentran en las

mitocondrias y lisosomas de las células musculares, y las segundas son de origen microbiano (revisado por Muriel, 2003). Toldrá (1998) y Hernandez y col., (1999) han atribuido los procesos lipolíticos, tanto en jamón curado como en lomo curado respectivamente, a la actuación de enzimas endógenas.

Los triacilglicerol y los fosfolípidos del tejido muscular sufren hidrólisis catalizada por un grupo de enzimas presentes en el tejido muscular y también en el tejido adiposo, denominadas de lipasas, estereasas, fosfolipasas y lisofosfolipasas. Los triacilglicéridos y los fosfolípidos son los sustratos naturales de las lipasas (ácida lisosomal y neutra) y fosfolipasas musculares (A1, A2, C y D) (Motilva y col 1993), que ejercen su efecto hidrolítico liberando los ácidos grasos de las moléculas de triacilglicéridos y de fosfolípidos respectivamente (Fig I.5).

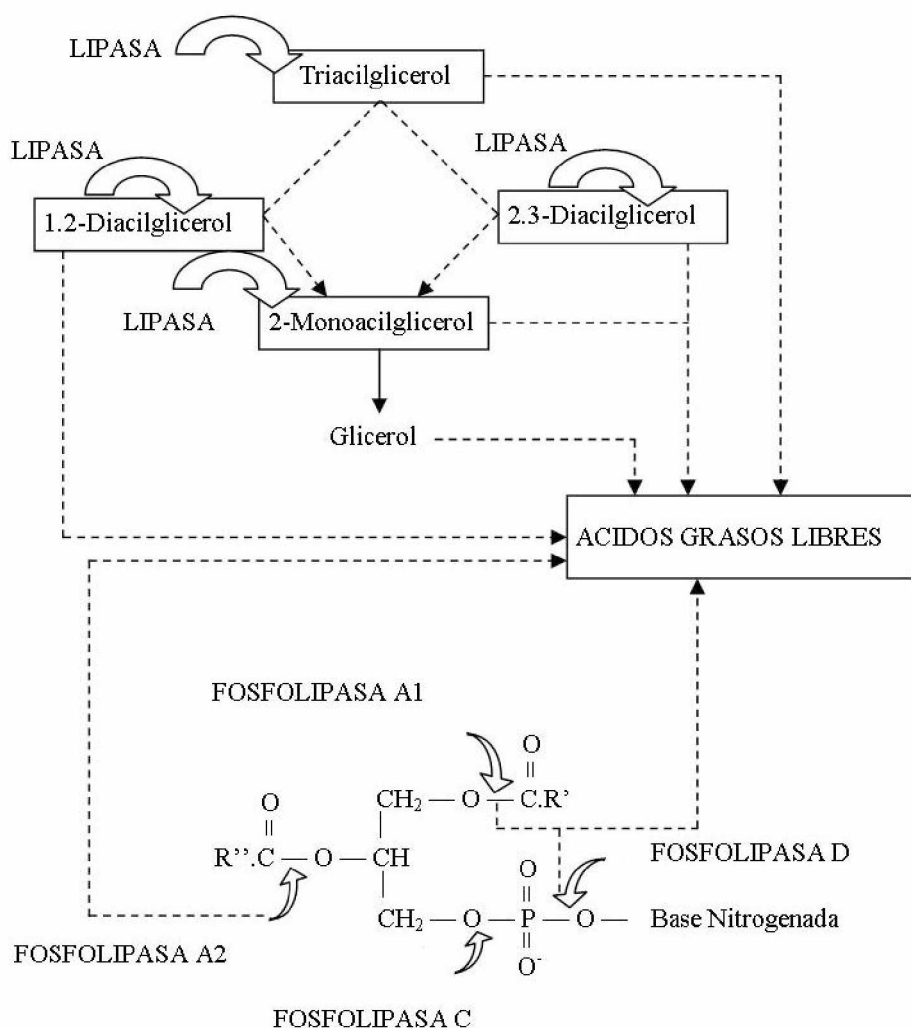


Figura I.5: Mecanismo de liberación de ácidos grasos a partir de los triacilglicerol por acción de las lipasas musculares y de los fosfoglicéridos por acción de diferentes fosfolipasas (Antequera y Martín, 2001).

La lipasa ácida microsomal es la lipasa más importante del músculo. Se encuentra en los lisosomas e hidroliza los tri-, di- y monoglicéridos y desarrolla su actividad a un pH óptimo de 4,5-5,5. Esta enzima actúa preferentemente en la posición 1 de los triglicéridos. La fosfolipasa ácida A2 cataliza la hidrólisis del enlace en posición 2 de los fosfoglicéridos desempeñando un papel importante en la degradación de los fosfolípidos (Motilvá y col., 1993).

La actividad de las lipasas se ve influida por varios factores, entre los que destacan el pH, la temperatura y la actividad del agua, los rangos óptimos de estos factores varían según los enzimas y se ha demostrado que en niveles muy bajos de hidratación se mantiene activa la lipólisis (Potthast, 1982).

La acción de las enzimas genera numerosos ácidos grasos libres, tanto saturados como monoinsaturados y poliinsaturados que en una segunda etapa son transformados en compuestos volátiles, como resultado de la oxidación química y/o enzimática, contribuyendo al aroma del producto (Antequera y Martín, 2001). Además de la hidrólisis enzimática o lipólisis tienen lugar otras alteraciones como el enranciamiento químico oxidativo o autooxidación (Martín, 2001).

La oxidación lipídica también influye considerablemente en el desarrollo del olor y flavor característico de los productos cárnicos curados (García y col., 1991; Flores y col., 1998). Los ácidos grasos insaturados son más susceptibles a la oxidación que los saturados y dentro de los insaturados, cuanto mayor el número de dobles enlaces más se incrementa la tendencia a sufrir procesos de oxidación (Morrissey y col., 1998). Por esta razón, los fosfolípidos más ricos en ácidos grasos poliinsaturados, son los principales y primeros sustratos para sufrir este tipo de reacciones (Gray y Pearson, 1997). Los procesos de oxidación lipídica generan compuestos volátiles con olores característicos, como los aldehídos, alcoholes, furanos, cetonas, ácidos y ésteres (revisado por Mottram, 1998).

La autooxidación de los lípidos insaturados se ve afectada por diversos factores que pueden incrementar su actividad, como los prooxidantes, (pH, temperatura, metales, cloruro sódico, actividad del agua) o disminuirla como los antioxidantes, (nitritos, nitratos, ácido ascórbico, compuestos de Maillard, vitamina E, mohos). Como han señalado distintos autores, durante todo el proceso de elaboración de los productos cárnicos curados puede observarse la

influencia de estos factores en los procesos oxidativos. Hierro y col., (1997) han observado que al disminuir el pH se inhibe fuertemente la acción lipolítica, mientras que Salgado, (2003) indica que la tecnología que utiliza tratamientos térmicos intensos favorece la lipólisis pero no favorece la oxidación y también que las etapas de enfriamiento posteriores al estufaje aumentan la lipólisis inicial, atenuando el flavor ácido. Martín, (2001) cita que el salado de la carne es una etapa que estimula la autooxidación, explicando que el cloruro sódico provoca una ruptura en la mioglobina, liberando al medio Fe^{2+} , que rápidamente se oxidaría a Fe^{3+} , poseyendo ambos actividad oxidante. También se ha descrito que la sal disminuye la solubilidad del oxígeno en la fase acuosa y por lo tanto facilita su acción oxidante, y también las trazas de metales pesados contenidas pueden actuar como catalizadores.

El oxígeno disponible en el medio junto con la sal influyen de manera muy importante en la oxidación (Ladikos y Lougovois, 1990). Los cationes divalentes son potentes prooxidantes en el siguiente orden: Fe^{2+} , > Cu^{2+} , > Zn^{2+} , > Fe^{3+} , por facilitar la transferencia de electrones aumentando la formación de radicales libres (Kanner y col., 1987; Arnold y col., 1993). La acidez tiene un efecto favorable sobre la oxidación, ya que los protones compiten con los iones metálicos, por los ligandos lipídicos, provocando su liberación (Gebicki y Bielski, 1981). La actividad del agua, al descender a lo largo de la maduración, provoca un aumento de la concentración de los iones prooxidantes, al mismo tiempo que va aumentando la viscosidad que frena la movilidad molecular, compitiendo estos efectos en la regulación de la velocidad de oxidación.

El nitrito sódico posee actividad antioxidante al ligarse al grupo hemo que se unirá él mismo a un radical libre. Los nitritos también tienen capacidad para unirse a los lípidos de membrana (Ladikos y Lougovois, 1990; revisado por Salgado, 2003). Tanto la grasa subcutánea como la grasa intramuscular y la de membrana se ven afectadas por la autooxidación y tiene gran importancia la grasa de membrana, por la composición de sus lípidos debido a que son fundamentalmente fosfolípidos, formados por ácidos grasos con alto grado de insaturación, que en gran parte actúan como punto de arranque del proceso oxidativo (Martín, 2001). El ácido ascórbico se utiliza junto a la sal de curado por su carácter antioxidante ya que actúa sobre la mioglobina por su capacidad

de reducir nitratos a óxido nítrico, formando nitrosomioglobina y bloqueando la formación de nitrosaminas, posiblemente por impedir que el nitrito se encuentre disponible para reaccionar con las aminas presentes en el medio (Ordóñez y Hoz, 2001). El α -tocoferol administrado como suplemento con la alimentación y presente en los tejidos actúa como un quelante de radicales libres protegiendo frente a la peroxidación lipídica (Tappel, 1962), también se ha sugerido que es capaz de restablecer los lípidos oxidados reduciendo los radicales peroxil a sus estructuras primarias (Dmitriev y col, 1994).

Al mismo tiempo que la autooxidación se desarrolla mediante un mecanismo de generación de radicales libres (Frankel, 1984) también puede producirse por acción de microorganismos como algunos mohos. Estos microorganismos son capaces de producir acetil-CoA que por acción de una tioridrolasa origina cetoácidos. Los cetoácidos por descarboxilación dan lugar a metil cetonas que pueden reducirse a alcoholes secundarios. Estas sustancias tienen una potencia sávida y aromática muy importante (Ordóñez y de la Hoz, 2001).

Algunos microorganismos como los lactobacilos catalasa-negativos, son muy prooxidantes mientras que los micrococcos, estafilococos, levaduras y mohos, catalasa-positivos, degradan el H_2O_2 y producen oxígeno molecular menos activo sobre la peroxidación que el propio H_2O_2 . La catalasa tisular pierde rápidamente su actividad, por lo que no tiene un papel relevante, sin embargo, la catalasa procedente de las micrococáceas es fundamental para desdoblar el H_2O_2 , e impedir las alteraciones de color puesto que los peróxidos oxidan el hierro del anillo porfirina y el color del curado se altera (Ordóñez y de la Hoz, 2001). Además, estos microorganismos metabolizan los hidroperóxidos ROOH y hacen aparecer compuestos carbonilados que proporcionan un flavor agradable (Montel y col., 1991; Berdagué y col., 1993).

El humo ejerce una acción antioxidante sobre las grasas, lo que prolonga en buena parte, el tiempo de conservación de los productos crudo-curados, debido a una actividad ejercida fundamentalmente por los fenoles de alto punto de ebullición (Zumalacárregui y Díez, 2001).

En los productos cárnicos los fenómenos de oxidación dificultan el estudio de parámetros de gran utilidad para el conocimiento del resto de los procesos bioquímicos que ocurren durante la maduración. Así, el estudio de la

liberación de ácidos grasos, que puede seguirse a través de técnicas directas como la cromatografía en fase gaseosa de los ácidos grasos libres o indirectas como el índice de acidez, la formación de productos de oxidación como el malonaldehído, medido mediante la utilización del test del ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) (Tarladgis y col., 1960) y otros índices como el índice de peróxidos etc. ven limitada su efectividad debido a la naturaleza transitoria y a la gran reactividad de los compuestos que intervienen.

A lo largo de la maduración de los embutidos curados se producen degradaciones y modificaciones por mecanismos oxidativos de los ácidos grasos que provienen de la lipólisis dando lugar a los compuestos que contribuyen a la aparición del aroma característico de estos productos, sin embargo si la oxidación es demasiado intensa ocasiona la aparición de olores a rancio no agradables. Se considera que la existencia de una oxidación moderada es deseable (Salgado, 2003).

I – 5 Compuestos volátiles

Distintos autores han señalado que la grasa tiene un papel muy importante en el aroma de los productos cárnicos, siendo ella, el reservorio de los compuestos volátiles responsables del mismo, y también porque es la oxidación de ácidos grasos la que conduce a la formación de una buena parte los compuestos volátiles, por descomposición de los productos primarios y secundarios de la oxidación de los lípidos. Otros compuestos aromáticos, proceden de la acción de los microorganismos, de las reacciones de Maillard y degradaciones de Strecker o incluso tienen origen en la alimentación del animal. (Fig. I.6)

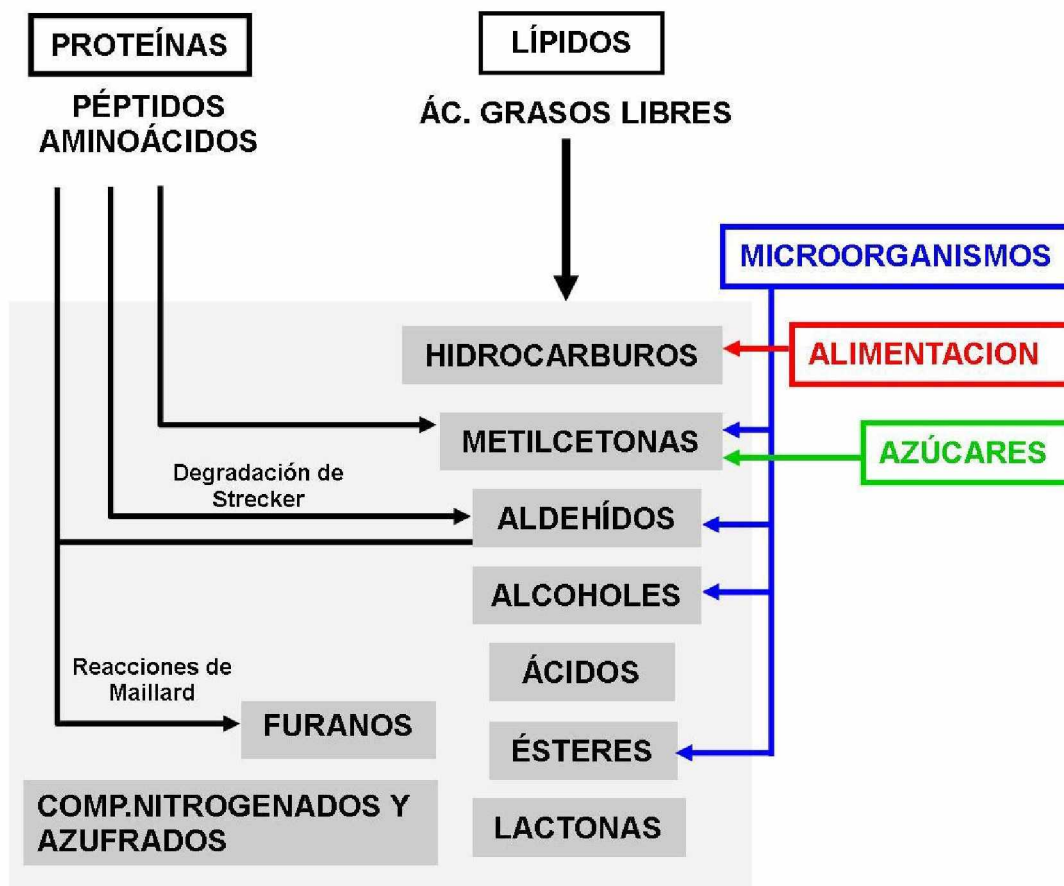


Figura I.6: Vías de formación de los compuestos volátiles (García y Timón, 2001).

Las principales familias químicas de compuestos volátiles descritas en productos cárnicos son los hidrocarburos, aldehídos, cetonas, alcoholes, ácidos carboxílicos, ésteres, lactonas y también compuestos azufrados, nitrogenados y clorados.

Como se mencionó anteriormente los lípidos son precursores de estos compuestos. Dependiendo del ácido graso que sufra el proceso oxidativo (oleico, linoleico, linolénico, araquidónico) se forman distintos hidroperóxidos que se decomponen y originan compuestos volátiles. De los productos generados en las reacciones de oxidación de los lípidos, son los aldehídos algunos de los que más contribuyen al aroma debido a los bajos umbrales de olfacción y a la alta tasa de formación durante el proceso (Drumm y Spanier, 1991). En el caso del jamón Ibérico, el hexanal es descrito como el compuesto mayoritario. Aldehídos como el octanal, heptanal, nonanal, y decanal,

derivados del ácido oleico, aparecen en pequeña cantidad a pesar de que este ácido se encuentra en grandes cantidades en estos productos (García y col, 1991; López y col., 1992; Ruiz, 1996; Martín, 1997; Timón, 1999). Mecanismos similares darán lugar a alcoholes (Frankel y col., 1981), alcanos, alquenos, ésteres y ácidos carboxílicos (Shahidi y col., 1986), cetonas (Grosch, 1987), lactonas (Belitz y Grosch, 1992), etc. Además, como se puede ver en la Fig 1.6 otras sustancias podrían estar implicadas en la síntesis de estos compuestos.

Todas estas familias de compuestos han sido descritas en el magro de jamón Ibérico (García y col, 1991; López y col, 1992; Timón y col 1998; Ruiz y col, 1999; Carrapiso, 2002) en lomo curado Ibérico (Muriel, 2003), en cecinas (Hierro y col, 2003), en Jamón de Parma (Corino y col, 2003), en patés de hígado, (Estevez y col, 2005), también en carne de cordero cocinada (Mottram, 2000) y en diferentes carnes y productos cárnicos cocinados (Mottram, 1998).

El lomo embutido curado utiliza especias en su elaboración como el ajo (*Allium sativum*, L.) y el pimentón (*Capsicum annum*, L) a los cuales se atribuyen propiedades antimicrobianas y antioxidantes (Aguirrezábal y col, 2000) como ya se ha mencionado antes, y también nitratos, nitritos. Algunos compuestos presentes en el ajo y en sus extractos, como la aliína, el dialil disulfuro, el alil sulfuro y el propil sulfuro, poseen actividad antioxidante (Yang y col., 1993; Mateo y col., 1997). En el pimentón fresco y en sus semillas se han detectado compuestos fenólicos (flavonoides, ácidos fenólicos, tocoferoles, caratenoides y capsaicinoides), ácido ascórbico, nitrato y nitritos (Szántó, 1980; Lee y col., 1995; Daood y col, 1996). Mateo y col (1997) encontraron en pimentón compuestos volátiles como ácido acético etilacetato, fenoles, aldehídos ramificados etc. Caracterizados por su bajo umbral olfativo. Meynier y col. (1999) realizaron estudios de olfatometría acoplada a cromatografía de gases en embutidos, que revelaron que los compuestos detectados por los panelistas, correspondían a los compuestos volátiles del ajo (3-(metilito)-propeno y 3,3'-(tiobis)-propeno), derivados de la oxidación lipídica (hexanal, heptanal y 1-octen-3-ol) y del catabolismo aminoacídico (2-metilbutanal, propilacetato y etilbutanoato) y terpenos (mirceno, alfa-felandreno, limoneno y terpinoleno). Además de los componentes del adobo el ahumado también añade compuestos antioxidantes procedentes del humo como los fenoles, cetonas cíclicas, furfural, naftaleno etc. (Mateo y col., 1997).

El lomo curado es una pieza muscular entera, sin ser picado antes de ser embutido y por lo tanto su adobo se hace mediante frotado superficial y reposo de la pieza en la mezcla, y solamente una fina capa se queda entre la tripa y el músculo, durante lo proceso de maduración. No obstante, se ha descrito que el perfil de los compuestos volátiles en el exterior y interior de lo lomo curado de cerdo Ibérico es similar y solamente ciertos compuestos derivados de la oxidación lipídica, del metabolismo microbiano y de las especias del adobo son más abundantes en la superficie del producto (Muriel 2003).

La investigación del aroma en los alimentos es compleja debido en gran medida a la capacidad de los compuestos volátiles unidos a la matriz sólida del alimento y a su mayor o menor facilidad para desprenderse de ella (Fennema, 1993). En el jamón y en su grasa subcutánea, debido a la sal no se pierde su estructura durante la maduración, manteniendo los haces de fibras musculares estriadas, tejido conectivo y células adiposas casi intactos (Martín y col., 1998) por lo que podría dificultar los procesos de extracción.

Dependiendo de la técnica empleada en la extracción de volátiles el perfil de compuestos obtenidos variará en función del poder extractivo y selectividad de la misma hacia un tipo de compuestos u otros. La elección de un método dependerá de la eficacia del mismo, de su selectividad para los compuestos de interés, así como las ventajas y limitaciones que presente (Timón, 1999).

I – 6 Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) se consideran compuestos orgánicos persistentes, por constituir un grupo de sustancias químicas de gran estabilidad y persistencia en el medio, con una gran capacidad de bioacumulación en los tejidos de los seres vivos, con la consecuente transferencia a la cadena alimentaría. Las implicaciones sanitarias de estos compuestos, sus efectos mutagénicos y carcinogénicos han sido reconocidos por la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC, 1987).

Éstos compuestos se forman cuando se quema la materia orgánica, sea madera, carbón, petróleo, restos de alimentos, etc. se dispersan con el humo y aparecen en la naturaleza como consecuencia de incendios o de la quema de basuras. La Agencia Protección Ambiental (EPA, 1981) ha publicado una lista de contaminantes ambientales de este tipo, encontrados en el suelo, aire y agua y en varios alimentos en especial en las zonas exteriores de los productos ahumados. En carnes se forman durante el asado, el tostado y el ahumado, si la superficie se calienta a temperaturas de 400 a 1000°C, al prepararlas a la plancha o si la llama incide directamente en el asado a la parrilla (Asensio, 2001).

El proceso puede explicarse por tres causas distintas:

- 1- La combustión incompleta de la fuente de calor, generando HAPs que se volatilizan y se depositan sobre el alimento.
- 2- La transformación en el propio alimento de algunos de sus componentes, como el proceso de pirólisis de triglicéridos, colesterol, aminoácidos o carbohidratos. Esto acontece si el alimento está en contacto directo con la fuente de calor debido a las condiciones de procesado (Phillips 1999, Chen y Chen 2001)
- 3- La principal causa, considerada, como responsable de altos niveles de HAPs, es la fundición de la grasa, del alimento durante el cocinado. Las gotas de grasa, al caer sobre la fuente de calor, sufren un proceso de pirólisis que genera gran cantidad de HAPs, que se al volatilizarse, se depositan sobre la superficie del alimento (Menichini y Bocca, 2003)

Actualmente se describen más de 20 HAPs distintos en alimentos (Phillip, 1999) (Tabla I.2).

Tabla I.2: HAPs determinados comúnmente en el análisis de alimentos (Phillip, 1999).

Acenafteno	Benzo(ghi)fluoranteno	Fenantreno
Acenaftileno	Benzo(ghi)perileno	Fluoranteno
Antantreno	Benzo(j)fluoranteno	Indeno(1,2,3-cd)pireno
Antraceno	Benzo(k)fluoranteno	Naftaleno
Benzo(a)antraceno	Ciclopenta(cd)pireno	Perileno
Benzo(a)pireno	Coroneno	Pireno
Benzo(b)fluoranteno	Criseno	Trifenileno
Benzo(b)nafto(2,1-d)tiofeno	Dibenz(ah)antraceno	
Benzo(e)pireno	Dibenz(aj)antraceno	

En los productos ahumados se ha señalado la presencia de HAPs en su matriz interna, aunque su tecnología se basa fundamentalmente en la aplicación y depósito de los componentes del humo en la superficie (Westphal y col., 1994; Roda y col., 1999; Simko, 2002). Éste hecho se explica por la difusión inevitable y sobre todo, necesaria que ha de producirse de los componentes del humo en estos productos, implicando a penetración de HAPs, como un componente más del humo, dependiendo de la composición del alimento y de las características de los HAPs. Al cabo de determinado tiempo de maduración o almacenamiento se alcanzará un equilibrio y una concentración de HAPs en todo el producto (Simko, 2002). Roda y col., (1999) observaron, en carne ahumada una distribución mayoritaria de Benzopireno en la parte interna del tejido muscular, siendo menor éste hidrocarburo en el tejido graso y en la superficie externa. Hay que señalar que el contenido de HAPs en los productos ahumados puede variar en las etapas posteriores al tratamiento de ahumado. Las etapas de maduración o almacenamiento sufren deshidratación con posible fotodegradación u oxidación de los HAPs e interacción con otros compuestos presentes en el producto. Simko y col., (1991) han evidenciado este caso en el benzopireno de muestras de salami ahumado. También en cocinados de productos ahumados se observó un descenso del contenido del benzopireno como consecuencia de su salida del producto junto con la grasa del mismo (Simko y col., 1993).

Los métodos de ahumado (frío o caliente), el tipo humo, la madera y su contenido en humedad, la disponibilidad de oxígeno, la temperatura de generación del humo y la distancia del mismo a la cámara de ahumado así como la naturaleza de la “tripa” en los productos embutidos ahumados influyen en el contenido en HAPs (Roda y col., 1999; Menichini y Bocca, 2003; Martín 2004).

Roda y col., (1999), observaron que las tripas naturales o de colágeno utilizadas en la elaboración de varios embutidos, suponían la presencia de mayores niveles de benzopireno en el interior que en la superficie externa, dado que son permeables a los componentes del humo, independientemente de la temperatura. En las tripas artificiales a base de poliamida, esta penetración es más limitada debido al encogimiento que sufre por enfriamiento tras el tratamiento de ahumado, de ahí que el contenido en benzopireno en el interior sea mucho menor que en la superficie.

Los efectos sobre la salud, de los HAPs se conocen desde el año 1775, Persival Pott observó en el Hospital de St. Bartholomew de Londres la alta incidencia de procesos cancerígenos desarrollados por limpiadores de chimeneas debidos a su exposición al hollín. No todos los HAPs son carcinógenos, pero está comprobado que la toxicidad de estos compuestos aumenta con la masa molecular de los mismos y su carácter lipofílico (Eisler, 1987). Normalmente, los individuos no se exponen a los HAPs aislados, sino a mezclas complejas de distintas sustancias entre las cuales se pueden dar interacciones, tanto antes como después de la exposición, desencadenantes de procesos patológicos (Kawamoto, 1993). La interacción de los HAPs cancerígenos y no cancerígenos puede potenciar igualmente el efecto carcinogénico de los primeros, aunque existan estudios que demuestran lo contrario (Van Duuren y col, 1973). En los alimentos ahumados y curados, se considera también la acción conjunta de los HAPs y de las nitrosaminas, tóxicos implicados en el desarrollo procesos tumorales (Möhler, 1984).

La carne y productos cárnicos ahumados han recibido atención en varios países como Alemania, Austria y Polonia que han establecido un límite de 1µg/Kg para el contenido de benzopireno. La Unión Europea consideró un límite de 0,03µg/Kg, para aroma de ahumado (Directiva 88/388/CEE) y para

productos de la pesca, ahumados, en la Directiva 91/493/CEE se establecen las condiciones del procesado así como las maderas no permitidas.

Muchos autores refieren el importante papel del benzopireno como indicador de contaminación por HAPs y potencia cancerígena de un determinado alimento (SCF, 2002). El Comité Científico de Alimentos de la Comisión Europea (2002), señala la necesidad de recoger información sobre el perfil completo de HAPs en los alimentos, la evaluación de los grados de contaminación de los mismos, las fuentes de contaminación y los cambios que se produzcan durante el procesado o distribución, por lo que se hace necesario desarrollar métodos de detección de estos compuestos que sean rápidos y muy sensibles (Martín, 2004).

I – 7 Características del producto

I – 7-1 Determinación del color

El color es una propiedad sensorial que puede ser medida de forma instrumental, con más efectividad que la evaluación de un panel de catadores. El ojo humano distingue cualitativamente el color pero no lo cuantifica, existiendo para ese fin aparatos, colorímetros, con mayor sensibilidad que la del ojo humano, cuyas medidas son muy reproducibles y pueden correlacionarse adecuadamente con la percepción humana (Amerine y col., 1965; Noble, 1975). Esta relación utilizando las medidas de un panel de expertos puede aportar una información interesante sobre las características del producto, no solamente circunscrita a su aspecto. Para efectuar una medición visual de color es necesario que la iluminación sea adecuada y que la luz utilizada no proporcione color adicional.

El color de los productos cárnicos curados se debe fundamentalmente a la formación del pigmento nitrosilmioglobina a partir de la mioglobina muscular, como consecuencia de la adición de nitritos y/o nitratos. Los nitratos se han añadido sin intención a lo largo de la historia como contaminantes de la sal utilizada en el proceso del curado. Haldane, (1901) a principios del siglo XX descubrió que el nitrito por si solo podía dar lugar a reacciones responsables

del color de la carne curada. La formación del pigmento típico del color, en síntesis transcurre de la siguiente forma:

- a) Reducción de los nitratos a nitritos y de éstos a óxido nítrico, fundamentalmente por acción bacteriana.
- b) Oxidación de la mioglobina y la oximioglobina a metamioglobina.
- c) Reacción de la metamioglobina con el óxido nítrico para formar nitrosilmioglobina.

Por otra parte, la cantidad de pigmento formado depende de la cantidad de mioglobina existente en el músculo, a más mioglobina, el producto tendrá un color más intenso, es decir, mayor saturación en color (Ruiz, 1996).

Sin embargo, no solo la nitrosilmioglobina es responsable del color del magro: en productos en los que no se emplean sales nitrificantes como el jamón de Parma, el magro adquiere también un color rojo característico (Chizzolini y col., 1993). Se ha relacionado este color con un pigmento originado a partir de la mioglobina reducida, en el que la molécula de agua unida al átomo de hierro es sustituida por un ligando nucleofílico de la propia mioglobina, que podría ser un residuo aminoacídico básico de la globina, mientras que la molécula de agua se perdería por deshidratación. Además, parece que elevadas cantidades de sal y temperaturas relativamente altas durante largos períodos de maduración favorecen la formación de este pigmento (Ruiz, 1996).

El humo es uno de los factores que afecta la color de los productos ahumados, a partir del depósito de diferentes componentes sobre su superficie, de las reacciones de pardeamiento que se desarrollan (los compuestos carbonílicos del humo con los grupo amina de la carne) y de las reacciones de oxidación y polimerización que pueden sufrir diversas sustancias fijadas en el producto. La coloración está ligada a los parámetros tecnológicos elegidos para el ahumado, desde la temperatura de combustión, cantidad de oxígeno y tipo de madera. Las maderas más duras confieren colores más intensos que las maderas resinosas. Además la coloración puede perderse como consecuencia de oxidaciones, originando coloraciones rojizo-marronáceas o tonalidades grisáceo-marronáceas, por mala aplicación del humo o por exudación de agua

o de grasa ocasionando la aparición de bandas de decoloración en el producto y también la aparición de manchas en los productos situados debajo de los que producen el exudado (Cava y Andrés, 2001).

I – 7-2 Evaluación instrumental de la textura

La textura es un concepto complejo y es difícil de explicar englobando todas sus dimensiones. De un modo muy general, la textura se podría definir como la manifestación de los elementos estructurales de los alimentos en términos de apariencia, sensaciones que producen y la resistencia que ofrecen al aplicar fuerzas sobre ellos (Szczesniak, 1963).

La textura tiene su origen en la estructura del alimento (molecular, microscópica y macroscópica) y su evaluación se hace a través de los sentidos de la vista, el oído y el tacto, apreciándose sobre todo durante la masticación.

Son muchos los términos relacionados con la textura que se usan normalmente como parámetros para definirla, hasta tal punto que no se habla de textura como tal, sino de dureza, jugosidad, fibrosidad u otras características que la componen. En un intento de identificar, definir y clasificar los términos específicos de textura, Szczesniak (1963, 1975) publicó una clasificación de las características de la textura, que aún hoy sigue vigente. Esta clasificación divide los parámetros de textura en tres grupos:

- Características mecánicas.
- Características geométricas.
- Otras características

Las **características mecánicas** se relacionan con la reacción del alimento a fuerzas de presión, que pueden dividirse en dos:

- Parámetros primarios: dureza, cohesividad, elasticidad y adhesividad.
- Parámetros secundarios: que dependen del grado de los primarios: masticabilidad.
 - Dureza: fuerza requerida para comprimir una sustancia entre los dientes hasta alcanzar cierto grado de deformación o penetración.

- Cohesividad: viene dada por el grado de unión entre las partes y se mide por la extensión en que un material puede ser deformado antes de su rotura mediante la aplicación de una fuerza.
- Elasticidad: capacidad de recuperación frente a una fuerza de deformación, es decir, el grado en que el material deformado regresa a su forma original después de que la fuerza deformante cesa.
- Adhesividad: trabajo necesario para oponerse a las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y otras superficies (lengua, paladar...) cuando entran en contacto.
- Masticabilidad: tiempo o número de mordiscos requeridos en la masticación para hacer que un sólido esté listo para ser deglutido. Está relacionado con los parámetros primarios de dureza, cohesividad y elasticidad.

Las **características geométricas**: relativas al tamaño, forma y orientación de las partículas que constituyen el alimento. Así, hay términos relacionados con el tamaño y forma (arenoso o granuloso) y términos relacionados con la forma y orientación de las partículas (alimento, fibroso, celular o cristalino).

Otras características: relativas a la jugosidad del alimento, expresada como la sensación que provocan la presencia de la humedad y de los lípidos (aceite o grasa) del alimento

Hay otras clasificaciones, como la de Sherman (1969), Jowitt (1977) o la del propio Szczesniak (1986), elaboradas a partir de esta clasificación inicial pero introduciendo modificaciones. Se ha escogido la clasificación expuesta, porque a partir de ella se sentaron las bases para desarrollar los métodos de medida de textura, tanto sensoriales como instrumentales (Ordóñez, 2001).

Todos los parámetros de textura descritos no tienen que percibirse en todos los alimentos ni con igual medida. Al contrario, la textura de cada tipo de sustancia se define con una serie de parámetros relevantes característicos y esa diferenciación en las características de la textura de cada alimento es lo que determina que sus texturas resulten distintas. Así, en el caso de la carne, los parámetros principales que definen el producto son el grado de

terneza/dureza y la jugosidad, entendiendo por terneza la resistencia de la carne a la masticación y por jugosidad el grado en que se percibe su contenido en agua y en grasa (Cover y col., 1962)

La textura también se ve modificada por la acción de los compuestos del humo, al actuar sobre el producto produciendo un curtido o coagulación de la superficie en la carne o en la tripa natural, surgiendo una textura crujiente (Cava y Andrés, 2001).

Los distintos métodos utilizados para estudiar la textura de los alimentos se pueden clasificar en:

Métodos sensoriales

Métodos instrumentales que implican la deformación de la muestra

Métodos de análisis estructural

Métodos de análisis químico

Los métodos sensoriales para medir la textura implican la identificación y cuantificación de una o más características de la muestra. Para hacer estas valoraciones es usual constituir un panel de cata, de catadores consumidores o un panel entrenado de catadores expertos, cuando lo que se quiere hacer es un estudio riguroso de la textura del producto. Estos individuos son seleccionados y educados en la terminología y técnicas de medida sensorial (Ordóñez, 2001).

La textura es un parámetro sensorial que se percibe a través de los sentidos, sobre todo el tacto y más concretamente en la boca. Los órganos implicados se encuentran por toda la cavidad bucal, tanto en estructuras superficiales de la boca (paladar, duro y blando, paredes bucales y sobre todo en la lengua), como en los dientes y, en menor grado en los músculos y tendones (Brennan, 1980).

Según Ordóñez (2001) existe un orden de aparición de los parámetros de la textura, a lo largo de todo el proceso de masticación, desde morder, masticar y deglutir el alimento.

1 – Antes del proceso de masticación se perciben:

- Sensaciones de superficie (sensación bucal, humedad, aceitosidad)
- Características mecánicas (elasticidad)

2 – Percepción al primer mordisco: con los incisivos

- Características mecánicas (dureza, fracturabilidad)
 - Características geométricas
- 3 – Percepción durante la masticación: con todos los dientes, sobre todo los molares y con el movimiento de la lengua.
- Características mecánicas (adhesividad, masticabilidad, gomosidad)
 - Características geométricas (homogeneidad, piel, partículas, tipo de rotura y desmenuzamiento)
 - Otras características: jugosidad (grado de humedad y de grasa)
- 4 – Estado residual: percepción antes, durante y después de la deglución del alimento:
- Características geométricas apreciadas en el residuo
 - Deglución (sensación que queda después)
 - Sensación bucal: cantidad, tipo de partículas, aceite, grasa y humedad que queda en las paredes de la boca.

Cuando un individuo evalúa la textura de un alimento a través de sus sentidos no lo hace aislado, sino percibiendo otras sensaciones, condiciones ambientales y atendiendo incluso a un componente psicológico, todo esto condiciona la percepción de las características estructurales del alimento.

El análisis sensorial mediante un panel de cata supone tiempo, costes y a veces valoraciones subjetivas y errores humanos. Por estas razones se han buscado métodos instrumentales de medida de la textura, que se complementen, se correlacionen bien e incluso sustituyan en algunos casos a los métodos sensoriales.

Los métodos instrumentales tienen como principio la utilización de una sonda, asociada a un medidor de fuerza, que entre en contacto con el alimento, de forma que la muestra sea deformada y el grado de dicha deformación y/o resistencia ofrecida por la muestra sea indicativo de la textura del alimento.

- Scott (1958) clasificó los métodos instrumentales en tres categorías:
- Métodos empíricos: miden propiedades mecánicas poco relacionadas con la reología y más con otras características de textura, como es el método de Warner-Bratzler.

- Métodos imitativos: instrumentos usados para simular el proceso de morder y masticar, midiendo las fuerzas aplicadas, dentro de este grupo está el Análisis de Perfiles de Textura (TPA).
- Métodos fundamentales: medida de propiedades mecánicas y reológicas bien definidas relacionadas con la textura.

Otros métodos consisten en medir la actividad fisiológica de los consumidores, por ejemplo Boyar y Kilcast (1986) evaluaron la respuesta de panelistas conectados a un electromiógrafo cuando comían jaleas de gelatina y carregenato. Estos métodos miden la actividad durante el proceso de masticación, como el movimiento de la mandíbula y la actividad muscular son medidas por electromiografía y los sonidos producidos durante el proceso (gnatosónico), y son considerados métodos fisiológicos (Ruiz, 2005).

Los métodos de análisis estructural pueden complementar la información obtenida por análisis sensorial e instrumental (Ordóñez, 2001). Existe una relación entre la estructura del alimento y sus características físicas y de textura (Sherman, 1973; Stanley y Tung, 1976). Las técnicas utilizadas es la microscopia de luz, la microscopia electrónica, rayos-X o técnicas de difracción.

Los métodos físico-químicos determinan la composición de los alimentos, según el tipo de alimento interesará analizar un tipo de sustancia u otra. En la carne la cantidad de tejido conjuntivo es determinante de la ternura de la misma (Ordóñez, 2001).

En consecuencia de todos estos trabajos, que relacionan las medidas instrumentales con las sensoriales se obtienen, en general, resultados satisfactorios. Ninguno de los métodos empleados para el análisis de la textura es perfecto y completo, y se hace necesario combinar varios de ellos para obtener una respuesta más completa. Además se torna imprescindible realizar un diseño experimental que optimice el método para cada caso.

Las sensaciones de conjunto percibidas al consumir un alimento no pueden ser reproducidas por un instrumento de medida y es necesario que dicha sensación sea evaluada directamente por el hombre, por lo que no se puede prescindir del análisis sensorial (Ordóñez, 2001).

Desde el mordisco inicial, la muestra es masticada más allá de la rotura inicial y los conjuntos de estímulos forman parte de la sensación global de textura. Igualmente importante son los aspectos de la apariencia del alimento, las propiedades mecánicas y los ruidos que se producen cuando el alimento es manipulado, cortado y comido. Evidentemente, la reología no es suficiente para explicar todos los aspectos ricos y abundantes de la textura que han sido experimentados por los humanos (Rosenthal, 1999).

Los métodos fundamentales tienen poca relación con las medidas sensoriales al contrario de los empíricos que, en general, se encuentran bien relacionados con la textura sensorial, pero son los métodos imitativos (TPA) que presentan correlaciones altas con las características medidas a través de panel sensorial (Szczesniak, 2002). La variabilidad de las correlaciones entre las medidas sensoriales y las instrumentales publicadas se pueden atribuir a aspectos diferenciales de cada trabajo, como son la velocidad de deformación (Sale y col., 1984; Voisey, 1975), la falta de saliva (Isutsu y Wani, 1985; Brennan y Bourne, 1994), la dirección de las fibras musculares (Lepetit y Culioli, 1994; Guerrero y Guardia, 1999) y las variaciones dentro del mismo músculo (Lepetit y Culioli, 1994). Para que los distintos métodos se complementen y correlacionen adecuadamente se hace imprescindible un análisis estadístico de los resultados (Kapsalis y col., 1973).

I – 8 Evaluación sensorial

La caracterización sensorial y su correlación con las características físicas y químicas del producto pueden ser utilizadas para definir lo que se entiende como su perfil y para establecer si se satisfacen las demandas del consumidor, así como conocer cuales son los atributos del mismo que más influyen en su aceptabilidad.

El papel de la evaluación sensorial se torna de gran importancia en prácticamente todas las etapas de producción y desarrollo de la industria alimentaria. Científicos relacionados no solo con el campo de la alimentación, sino también psicólogos, químicos, ingenieros, tecnólogos y matemáticos, hacen sus esfuerzos para llegar a un entendimiento del hombre como instrumento para medir las propiedades de un producto.

La evaluación sensorial desempeña un papel muy importante en un gran número de las actividades de investigación sobre alimentos. Es de especial interés para industria alimentaria la aplicación de los resultados del análisis sensorial y la asociación de estos resultados con aquellos obtenidos por instrumentos analíticos. Para ello es imprescindible la selección y entrenamiento de un panel sensorial, así como el desarrollo de una terminología descriptiva y ensayos físico-químicos que ayuden a caracterizar las cualidades sensoriales del alimento, sin olvidar que el consumidor determina en último término la aceptabilidad de un producto (Ibáñez y Barcina, 2000).

Aún siendo el lomo curado, un producto de los más apreciados por el consumidor, alcanzando la tercera posición en las preferencias de productos de cerdo Ibérico después del jamón y paleta, existen escasos trabajos sobre el mismo. Muriel (2003) ha estudiado la calidad sensorial del lomo curado estableciendo relaciones de estas características con determinados parámetros físico-químicos en diferentes estirpes de cerdo Ibérico.

La variación de la calidad sensorial es un fenómeno multifactorial que se pone de manifiesto en el producto final, y que condiciona la aceptación del mismo. Diversas características relacionadas con el aspecto, la textura, el color, el sabor y el flavor son las que determinan la calidad del lomo percibida por el consumidor. En la evaluación del aspecto, el color es una propiedad dependiente de numerosos factores en cuanto que, el brillo y el veteado se relacionan con el contenido graso, el brillo, depende del grado de insaturación de la grasa y el veteado se refiere a la grasa situada entre las fibras musculares. El sistema de explotación en montanera, de los cerdos Ibéricos, alimentados con bellota, rica en ácido oleico, da lugar a que la grasa acumulada por el animal tenga alta proporción de este ácido graso, por lo que se trata de una grasa intramuscular fluida a temperatura ambiente, originando productos con un intenso veteado (Muriel, 2003).

El olor es un atributo muy influido por la alimentación y una parte importante de los compuestos volátiles olor-activos de la carne y productos cárnicos se forman a través de reacciones de oxidación lipídica (Ruiz y col 2002, Carrapiso y col., 2002 a y b). Un aroma intenso y agradable se debe a la gran cantidad de compuestos volátiles aromáticos presentes al final de la

maduración y que se generan durante el procesado a partir de lípidos y proteínas. Por lo que los procesados largos dan lugar a productos con olor más intenso (García y col., 1999, Ruiz y col., 1999).

Los compuestos del humo tienen un sabor y aroma característicos con olores a caramelo, azucarados, a flores etc. Pero el aroma del producto parece no depender solamente de los compuestos del humo, sino también de la interacción entre estos y los constituyentes del producto (Cava y Andrés, 2001).

La dureza del magro, o resistencia que ofrece a la masticación, se relaciona con la sequedad, fibrosidad, jugosidad y dureza. La relación de la sequedad del magro con la calidad es bastante reducida. La fibrosidad es la tendencia de la loncha a separarse en fibras y la resistencia que presenta a perder su estructura, la jugosidad se relaciona con una parte de agua liberada del alimento durante la masticación y por otra con la humedad proveniente de la saliva (Winger y Hagyard, 1994). La grasa intramuscular, como vehículo de sustancias aromáticas, estimula la secreción salival, en el caso del jamón, es este efecto estimulante el que más influye en la sensación de jugosidad.

La materia prima y la fuerte deshidratación originada por el procesado dan lugar a una dureza en el producto que contribuye a mantenerlo más tiempo en la boca, aumentando la secreción salivar y la sensación gustativa. Sin embargo la dureza excesiva llevaría a un rechazo del consumidor (García y Carrapiso, 2001).

El sabor esta determinado por la presencia en el alimento de muchos compuestos, como el cloruro sódico, aminoácidos, péptidos, nucleótidos, iones inorgánicos, aminos compuestos sulfurados y nitrogenados (Grill y Flynn, 1987). Las sustancias responsables de las sensaciones gustativas son solubles en agua y relativamente poco volátiles y traducen las respuestas sápidas de los sabores salado, dulce, amargo y ácido y también el umami.

El sabor salado se relaciona con el contenido en cloruro sódico, que se sitúa entre lo necesario para la estabilidad microbiológica de los productos y el máximo aceptable por los consumidores. Además la grasa intramuscular hace que las papilas sean menos sensibles al sabor salado.

El sabor dulce aparece como consecuencia de las reacciones de maduración donde se generan compuestos como aminoácidos, ésteres y cetonas (Martín, 1996; Ruiz y col., 1999). El sabor dulce se considera indicativo

de una maduración adecuada y de un grado óptimo de salado, debido a que este sabor es enmascarado por concentraciones excesivas de sal, que inhibe la actividad de los enzimas responsables de la formación de compuestos con sabor dulce (Martín y col., 1998).

El sabor amargo es debido a la presencia de péptidos de pequeño tamaño de carácter hidrófobo, que se forman como consecuencia de la actividad proteolítica de enzimas tisulares o microbianas. La detección de los sabores amargos se acentúa si se acorta el proceso madurativo o si éste transcurre a temperaturas excesivamente bajas.

Las características del flavor como la intensidad, persistencia y flavor a curado presentan una relación importante con la calidad del producto.

Los sabores a curado, a rancio y picante son los más persistentes, y también tienen influencia en la calidad del producto, los sabores a curado suelen ser considerados como agradables y los sabores a rancio y a picante resultan desagradables.

I – 9 Modificaciones microbiológicas

La población microbiana presente en los productos curados procede de todas las manipulaciones sufridas desde el matadero hasta el proceso de elaboración y de los componentes que se añaden, como las sales de curado (NaCl, nitratos y nitritos), el pimentón y las especias. El desarrollo de los microorganismos depende de factores extrínsecos como la temperatura y humedad relativa y factores intrínsecos como la pérdida de agua, pH y el potencial de oxidación-reducción, que contribuyen a la reducción de la actividad del agua en este tipo de productos. Los factores que más condicionan el crecimiento de los microorganismos son la temperatura, la actividad del agua (aw) y el NaCl (Rodríguez, 1997).

Martins, (1989) cita numerosos estudios centrados en la evolución de la población microbiana, las modificaciones que sufren durante el período de curado, sus consecuencias en la composición de los productos curados, y los microorganismos más importantes implicados tales como las bacterias ácido lácticas, *Micrococcaceae*, levaduras y mohos.

Los microorganismos patogénicos y alterantes como *Salmonella*, *Listeria*, *Clostridium* o *Enterobacteriaceae* son inhibidos en las etapas de salazón si las temperaturas no superan los 3°C y pueden desarrollarse si el proceso tecnológico es inadecuado (Rodríguez y col., 2001).

Martins (1989) cita Orla-Jensen que ya 1919 definió las bacterias ácido lácticas como “un gran grupo de cocos y bastones, Gran-positivos, sin movilidad, que no forman endósporos, que fermentan los azúcares y producen ácido láctico”. Forman parte de este grupo especies de los géneros *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* y *Streptococcus*, con características metabólicas semejantes. Las bacterias lácticas tienen una función estabilizadora de las carnes y de los procesos fermentativos, ya que se desarrollan a temperaturas bajas, por la producción de ácido láctico reduciendo el pH y formando sustancias con propiedades antisépticas (peróxido de hidrógeno y compuestos con propiedades antibióticas) (Martins, 1989).

Las micrococáceas son cocos Gran positivos, catalasa positivos, aerobios o anaerobios facultativos, halotolerantes y con temperatura óptima de crecimiento a 25-30 °C, pero algunos pueden crecer a 10°C. En la industria cárnica tienen interés los géneros *Micrococcus* y *Staphylococcus* en el curado de embutidos y jamones. La familia *Micrococcaceae* es un contaminante normal en carne fresca y es predominante en condiciones de trabajo de buena higiene.

La acción de estas bacterias durante el curado de los productos cárnicos se ha revelado importante en varios aspectos, como el desarrollo y estabilización del color, debido a la acción nitrato-reductasa, reduciendo los nitratos a nitritos, en la actividad lipolítica con importancia en embutidos poco ácidos y también durante la maduración de los productos cárnicos por contribuir a la formación de ácidos grasos libres y otros productos con propiedades aromáticas y al final del curado debido a la acción tampón originada por los productos de la proteólisis, hay una subida del pH (Lücke, 1986).

Las levaduras son microorganismos eucariotas heterótrofos unicelulares, aerobios o anaerobios facultativos, con una temperatura óptima de crecimiento alrededor de 25°C, aunque algunas de ellas se desarrollan a temperaturas de refrigeración y en ambientes con actividad de agua intermedia.

Los mohos son organismos eucariotas, aerobios y heterótrofos, pluricelulares, organizándose las células en hifas. La temperatura de crecimiento óptima es de 20-25°C y son el grupo microbiano mejor adaptado al desarrollo en a_w reducidas.

Los mohos y levaduras se encuentran en la superficie de los embutidos poco secos o poco ahumados, siempre que la humedad relativa en la cámara de maduración sea alta, a veces se encuentran también en el interior de productos fermentados. Dependiendo de su temperatura inicial estos productos desarrollan mohos y levaduras en unos días o en semanas, originando efectos favorables o desfavorables. Los efectos favorables más importantes son el efecto antioxidante, degradando los peróxidos, inhibiendo el enranciamiento y estabilizando el color del curado. También la actividad lípolítica y proteolítica se ve incrementada formando compuestos sápidos y aromáticos que contribuyen al sabor y aroma característicos de los embutidos.

Los efectos desfavorables son principalmente la posible producción de micotoxinas que pueden ser altamente tóxicas y también el incremento del pH de forma apreciable a valores cercanos de 7 permitiendo el desarrollo del *S. aureus*, en especial en zonas superficiales del producto (Ordóñez y Hoz, 2001)

El tratamiento con humo tiene una acción bactericida que se debe a un efecto combinado del calentamiento, secado y diversos componentes con actividad antimicrobiana aportados por el humo, como los fenoles de alto punto ebullición, el formaldehído o el ácido acético. Nielsen y Pedersen (1967) indican que en salmón ahumado, el *C. botulinum* tipo B y E no es inhibido por el fenol, pero si por el formaldehído. Sin embargo, no se conocen bien ni los compuestos responsables de la inhibición bacteriana ni las especies bacterianas sensibles. Los mohos y levaduras son menos sensibles al humo que las bacterias (Maga, 1988).

PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS

II – PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS

En el suroeste de la península Ibérica la explotación del cerdo Ibérico en régimen extensivo, constituye un ejemplo singular de desarrollo sostenible. La utilización de un animal autóctono, perfectamente adaptado a la dehesa su medio natural, permite la obtención de productos cárnicos de gran calidad muy apreciados por los consumidores.

En España, el sector del cerdo Ibérico y sus productos tiene una gran importancia económica ya que su demanda por parte de los consumidores se ha ido incrementando paulatinamente durante los últimos años. Este hecho ha propiciado que distintos grupos de investigación centren su atención en diversos aspectos relacionados tanto con la producción y manejo del animal como con las características, el procesado y la calidad de sus productos.

En Portugal, a pesar de compartir tanto el ecosistema como la raza de cerdos y de contar con productos de gran calidad como el presunto de Barrancos y diversos embutidos, existen escasos trabajos que incidan en las características de estos productos y que definan su calidad. Además y a pesar de tener una raíz cultural común, la romana, ambos países han recibido influencias distintas que se han traducido, entre otras cosas, en distintos modos de elaboración de los productos cárnicos y tendencias de consumo diferentes.

Entre los distintos procesados utilizados en Portugal para la elaboración de los productos cárnicos, tiene una larga tradición el ahumado pero también en este caso es muy reducido el número de trabajos que inciden sobre las características de estos productos. Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto reviste un gran interés el conocimiento de la respuesta de una misma materia prima ante tecnologías de elaboración diferentes y la evaluación de los productos finales obtenidos.

El presente trabajo se encuadra dentro de la línea de investigación de la Unidad de Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de

Cáceres sobre la calidad de los productos derivados del cerdo Ibérico y se propone **los siguientes objetivos:**

- 1.- Realizar una caracterización físico-química y sensorial de lomos elaborados en una salchicharia tradicional de la region Alentejana, a partir de cerdos Ibéricos alimentados en montanera en la dehesa Ibérica.
- 2 - Establecer las diferencias que se van produciendo a lo largo del procesado en la materia prima como consecuencia de la aplicación de dos tratamientos diferentes, ahumado característico de la zona alentejana, y secado más característico de la elaboración española.
- 3.- Establecer el efecto que tiene la tecnología de procesado sobre la seguridad y la calidad sensorial de los productos.

MATERIAL Y MÉTODOS

III – MATERIAL Y MÉTODOS

III – 1 Material

III – 1-1 Reactivos

Los productos químicos empleados para los análisis físico-químicos y microbiológicos que se citan en este trabajo fueron de calidad reactivo, excepto los disolventes para cromatografía que fueran de calidad HPLC, siendo suministrados ambos tipos por las firmas comerciales Merck, Sigma, Riedel, Fluka, Panreac, Oxoid, Biokar, Biomérieux y Quilaban.

Los patrones de ácidos grasos procederán de Sigma y Aldrich.

Los gases para cromatografía gaseosa fueran aportados por la empresa “Air liquide”.

El agua utilizada para la preparación de las disoluciones acuosas fue obtenida en un equipo Mili-Q RG ultra pure water system de la marca Millipore

III – 1-2 Equipos

La trituración y homogeneización de las muestras se realizó en una picadora MOULINEX y en un homogeneizador Cinemática-AG Polytron

Las muestras se mantuvieron almacenadas hasta su uso en una cámara congeladora de la marca IMPERIAL a la temperatura de -22°C.

Para liofilizar las muestras se utilizó un liofilizador Snijders Scientific Type 2040

Las pesadas rutinarias se realizaron en una balanza analítica METTLER Toledo AB 204-S

Las estufas de desecación que se han utilizado en este trabajo fueran de la marca MEMMERT.

El pH se midió con pHmetro METROHM 704 pH Meter

Las centrifugaciones se efectuaron en una centrifuga de mesa HERAUS Megafuge 1.0 R

En la determinación de cenizas se utilizó un horno mufla NABERTHERM

La actividad del agua de las muestras se determinó a temperatura a 20°C mediante un ROTRONIC Hygroskop Dt.

Para las lecturas espectrofotométricas se utilizó un espectrofotómetro UV/visible SHIMADZU 160 A

La medición del color se realizó con un colorímetro Croma Meter CR300 (MINOLTA CAMARA, Osaka, Japón)

La determinación del nitrógeno total por el método de Kjeldahl se empleó una Digestión system 20 TECATOR y una unidad de destilación Tecator modelo 1030.

La determinación de la grasa se utilizó en un extractor Soxtec System HT – 1043 Extraccion unit TECATOR

Para la elaboración de los reactivos empleados en el análisis de aminoácidos libres fue utilizada agua calidad HPLC, obtenida de la pasada de agua destilada por un aparato ELGASTAT Mod. UHQ II. La desecación de las muestras se utilizó un Speed Vac de SAVANT Mod. SVC 200 acoplado a una trampa refrigerada SAVANT Mod. RT 4104 y a una trompa de vacío GENEVAC Mod. CPV 100/2.

El fraccionamiento de la grasa se realizó en columnas BOND ELUT con fase aminopropilsilica de 100mg y con capacidad para un volumen de 3ml.

Material biológico

Para la realización del presente trabajo se utilizaron 50 cerdos Ibéricos puros pertenecientes a una explotación en régimen extensivo alimentados con bellota y hierba durante el período de cebo en montanera. Una vez alcanzado el peso necesario, aproximadamente 150 Kg, los cerdos fueron sacrificados en el matadero industrial de Salva León en Barcarrota. Se separan los 100 lomos derecho e izquierdo, de machos y hembras. Las piezas obtenidas fueron introducidas en una cámara frigorífica a 0-3°C. Las piezas poseían un peso medio de 2,5 Kg.

Para estudiar la evolución de los parámetros composicionales, físico-químicos, microbiológicos, las fracciones nitrogenadas y lipídicas durante la maduración del lomo ahumado y desecado se hicieron fabricar dos lotes uno con tecnología de ahumado y otro con tecnología de secado.

III – 1-3 Proceso de elaboración de los lomos ahumados y secados

Este estudio utilizó lomos de cerdos Ibéricos puros cebados en montanera, procesados en una salchichería (F. Quarenta) de Pedrogão del municipio de Vidigueira en la provincia del bajo Alentejo. A lo largo de los procesos de evolución, los lomos fueron controlados por los técnicos de la empresa. Las condiciones de procesado fueron distintas para los dos lotes de lomos. Uno de los lotes, denominado **lomo ahumado**, fue sometido a un proceso de ahumado y con el otro lote, denominado **lomo desecado**, se realizó un proceso de secado en condiciones controladas. A continuación se describen las etapas de los procesos de elaboración.

Fresco: los lomos frescos se mantuvieron en una cámara hasta el adobo, 48 horas alrededor de 3°C

Adobo 1: Los **lomos ahumados** fueron introducidos en una salmuera compuesta por agua en peso igual al de la carne con 4% de cloruro sódico, y 0,1% de sales nitrificantes durante 72 h a 2-4°C. Posteriormente fueron frotados en su superficie con una masa de ajo, pimentón, granos de pimienta y orégano durante 48 h a 2-4°C.

Adobo 2: Los **lomos desecados** fueron frotados en su superficie con una mezcla de sal marina, sales nitrificantes, pimentón y ajo, granos de pimienta y orégano durante 5 días a 2-4°C, como se ve en la Figura III.1



Figura III.1: Lomos adobados.

Finalizado el adobo todos los lomos fueron embutidos en tripa natural.



Figura III.2: Embutido de los lomos en tripa natural.



Figura III.3: Lomos embutidos con dos días de maduración.

La Tabla III.1 muestra las fases y condiciones del proceso de elaboración del lomo curado ahumado. Las figuras III.4 y III.5 muestran las dos plantas del ahumadero la planta baja, donde se hace el humo con madera de encina y la cámara de la planta superior, donde se colocan los lomos que se ahuman.



Figura III.4: Corredor al planta baja donde se hace el humo.



Figura III.5: Corredor al planta alta donde se colocan los lomos.

Tabla III.1: Esquema del procesado del lomo curado ahumado.

FASE	CONDICIONES	DURACION
Limpieza y Preparación	$T \leq 10^{\circ}$	Inmediato tras despiece de la canal
Reposo	$T 2-4^{\circ}\text{C}$	48 horas
Salmuera	$T 2-4^{\circ}\text{C}$	72 horas
Adobo	$T 2-4^{\circ}\text{C}$	48 horas
Embutido	En tripa natural de 75-80mm	Inmediato tras remoción del exceso de adobo
Ahumadero	$T \leq 48-50^{\circ}\text{C}$	3 días
Secado y Maduración	$T=11^{\circ}-13^{\circ}\text{C}$; HR=70-75% Velocidad del aire =1m/s	± 140 días

Los lomos desecados fueron introducidos en una cámara de temperatura controlada. Las fases del proceso de elaboración y sus condiciones se muestran en la tabla III.2.

Tabla III.2: Esquema del procesado del lomo curado desecado.

FASE	CONDICIONES	DURACION
Limpieza y Preparación	$T \leq 10^{\circ}$	Inmediato tras despiece de la canal
Reposo	$T \leq 2-4^{\circ}\text{C}$	48 horas
Adobo	$T \leq 2-4^{\circ}\text{C}$	5 días
Embutido	En tripa natural de 75-80mm	Inmediato tras remoción del exceso de adobo
Cámara	$T = 11^{\circ}$; HR=86-89%	2 días
Secado y Maduración	$T=11^{\circ}-13^{\circ}\text{C}$; HR=70-75% Velocidad del aire =1m/s	± 140 días

III – 1-4 Toma de muestras

El número de muestras y la temporalidad de las mismas se recogen en la tabla III.3.

Tabla III.3: Esquema de la toma de muestras en los dos lotes, de lomos ahumados y desecados.

TOMAS	DIAS DE PROCESADO	FASES	MUESTRAS AHUMADAS	MUESTRAS DESECADAS
1	0	FRESCO	10 (1/2) LOMOS	
2	7	ADOBADOS	5LOMOS+ 5(1/2)LOMOS	5LOMOS+ 5(1/2)LOMOS
3	10	HUMO	10	-----
	10	CÄMARA	-----	8
4	40	MADURACIÓN	10	10
5	75	MADURACIÓN	9	10
6	150	MADURACIÓN	11	12

Cada uno de los lomos muestreados en cada etapa se cortó en 10 trozos de aproximadamente 6cm de longitud. El día de la toma de muestras se efectuaron las determinaciones que no se podían retrasar (pH, humedad, capacidad de retención de agua, actividad del agua, color y textura) después de eliminar la tripa, dos de los trozos se utilizaron para los análisis microbiológicos. Las muestras no procesadas de forma inmediata fueron envueltas en papel aluminio y se envasaron en una bolsa de plástico a vacío y se almacenaron en cámara congeladora a -22°C.

III – 2 Métodos

III – 2-1 Determinaciones físico-químicas

III – 2-1-1 – Determinación de humedad

Se determinó siguiendo la norma ISO-1442 (1997). Una cápsula de porcelana que contiene alrededor de 20g arena de mar lavada de grano fino se desecó a 102°C hasta peso constante. Se mantuvo en un desecador, con gel de sílice deshidratado, hasta temperatura ambiente y se pesó. Se añadieron aproximadamente 10g de muestra triturada y se mezcló con la arena, facilitándose esta mezcla con la adición de 10ml de etanol. Se desecó en una estufa a 102°C durante 4h se devolvió a temperatura ambiente en un

deseCADOR deshidratado y finalmente se repitió la pesada. El cálculo del porcentaje de humedad se realizó por diferencia de peso.

III – 2-1-2 – Determinación de la actividad del agua

Se determinó la actividad del agua mediante método higrométrico. Se utilizaron aproximadamente 10g de muestra picada en un higrómetro Rotronic-higroskop DT a 25°C, y se mantuvieron 30 min en equilibrio. El higrómetro fue calibrado con patrones de referencia.

III – 2-1-3 – Determinación de la capacidad de retención del agua

Se determinó la capacidad de retención del agua mediante compresión de un pistón, en 0,3g de muestra entera, retenida entre dos papeles de filtro pesados previamente, se volvieron a pesar los papeles embebidos en la agua desprendida de la muestra y se calculó el porcentaje por, diferencia de peso Grau y Hamm (1953).

III – 2-1-4 – Determinación del pH

El pH se midió con un electrodo de punción 3 en zonas distintas de cada lomo.

III – 2-1-5 – Determinación de cenizas

Las cenizas se determinaron por calcinación en horno de mufla, según la norma ISO R. 936 (1979). Las cápsulas utilizadas para la calcinación de las muestras se pesaron con una precisión de 0,1mg después de permanecer en horno a 550°C 1hora y después de enfriadas hasta temperatura ambiente en un desecador. Se pesaron con exactitud aproximadamente 5g de muestra y se añadió 1ml de acetato de magnesio. A continuación, se transfirió al horno mufla a 550°C hasta que la muestra se transforma en cenizas blancas. Transcurrido este tiempo, la cápsula se retiró de la mufla, se dejó enfriar en un desecador hasta temperatura ambiente y se pesó con precisión de 0,1mg.

III – 2-1-6 – Determinación de cloruros

La determinación de los cloruros se basó en el método de Charpentier-Vohlard (Norma ISO 1841-1, 1996). Se pesaron 10g de muestra picada se añadió agua caliente y consecutivamente 2ml de cada uno de los reactivos de Carrez (ferrocianuro potasio a 15% y acetato de zinc 30%), se dejó en reposo 10 min. se llevó a 100ml y se filtró. Una vez preparado el extracto se retiran 10ml y se añaden 10ml de nitrato de plata 0,1N. Posteriormente se valora el exceso de nitrato de plata con una solución de sulfocianuro 0,1N, utilizando sulfato amónico férrico como indicador. Se obtiene la cantidad de cloruros de la muestra por diferencia entre el volumen de sulfocianuro gastado en la muestra y en un ensayo en blanco.

III – 2-1-7 – Determinación de nitritos y nitratos

III – 2-1-7-1 – Preparación del extracto

Se pesaron 10g de muestra picada con precisión de 1mg y se añadieron 150ml de agua caliente y 5ml de ácido bórico a 5%, se mantuvo 30min en un baño hirviente, a continuación se añadieron consecutivamente 2ml de cada uno de los reactivos de Carrez y se dejó enfriar y se lleva hasta 200ml, y se filtró. Una vez preparado el extracto se determino el contenido en nitritos y nitratos (C.T.S.C.C.C., 1974).

III – 2 -1-7-2 – Determinación de nitritos

En un matraz aforado de 25ml se introdujeron 10ml del extracto, agua hasta un volumen aproximado de 20ml y 1ml del reactivo de Zambelli (1g de ácido sulfanílico, 1,5g de fenol disueltos en una disolución de 52ml HCl en 100ml de agua que se dejó enfriar antes de llevar a 200ml) se mantuvo en reposo 10 min y se añadió 1ml de amoníaco, se enrasó con agua y se deja 10min a temperatura ambiente. A continuación se midió la densidad óptica a 436nm de longitud de onda. Los valores obtenidos se refieren a una recta patrón preparada con distintas concentraciones de nitrito sódico.

III – 2 -1-7-3 – Determinación de nitratos

Se tomaron 20ml del extracto, se añadieron 5ml de amoníaco al 5%, y se llevó a una ebullición suave. El líquido caliente se hizo pasar por una columna de cadmio a una velocidad de 3ml/min, recogiénolo en un matraz de 100ml. Se lavó varias veces con agua caliente, se enfrió y enrasó. Los nitratos después de reducidos a nitritos se cuantifican según la técnica descrita en el párrafo anterior.

III – 2-2 Extracción y análisis de la fracción nitrogenada

III – 2-2-1 – Determinación del nitrógeno total

Para determinar el contenido en nitrógeno total de las muestras se empleó el método de Kjeldahl, según la norma ISO-937 (1978) Para ello se sometieron a digestión 1g de muestra con 25ml de ácido sulfúrico concentrado, 15g de sulfato potasio, 0,5g de sulfato de cobre y selenio. El digerido obtenido se destiló tras la adición de hidróxido sódico al 40%, recogiénose el destilado sobre 50ml de ácido bórico al 4%. Finalmente se valoró por titulación con ácido clorhídrico 0,1N hasta el viraje del indicador de Tashiro.

El porcentaje del nitrógeno total se convierte en porcentaje de proteína bruta mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ Proteína Bruta} = 6,25 \times \%N$$

III – 2-2-2 – Determinación de las fracciones nitrogenadas no proteicas

III – 2-2-2-1 – Cuantificación del nitrógeno no proteico (NNP)

El NNP se determinó siguiendo el método de Kjeldahl haciendo una precipitación previa de las proteínas. Se pesaron 4 g de muestra de lomo con una precisión de 0,1mg, se introdujeron en un matraz aforado de 100ml con ácido tricloroacético al 20% se homogeneizó y se llevo a 100ml. Se mantuvo en

reposo aproximadamente 12 horas y se filtró. La cantidad de NNP se determina utilizando 10ml de este filtrado y procediendo según el método de Kjeldalh. Los resultados se expresan como mgN/gES.

III – 2-2-2-2 – Preparación del extracto

La determinación de las distintas fracciones nitrogenadas no proteicas: nitrógeno α -aminoacídico y nitrógeno básico-volátil (NBVT), se llevó a cabo a partir de un extracto común según el método de De Ketelaere (1974). Se realiza homogeneizando 5g de muestra con 50ml de ácido perclórico 0,6N, seguidamente se centrifuga durante 10 min. A 7000 rpm, se filtra con papel Whatman nº 54 y se lava el residuo con 10ml de ácido perclórico 0,6N. El filtrado obtenido se lleva hasta pH 6 con hidróxido potásico al 30%, se filtra para eliminar el perclorato potásico y se enrasa a 100ml con agua destilada.

III – 2-2-2-3 – Cuantificación del nitrógeno aminoacídico (Namin)

Se toman 10ml del extracto preparado anteriormente, y se añaden 10ml de ácido sulfosalícílico al 10%, se mantiene al menos durante 17h en reposo a una temperatura de 0-1°C. Seguidamente se lleva a pH 6 con NaOH 4N y se filtra. Finalmente se lleva a un volumen de 50ml con agua destilada.

La determinación del nitrógeno aminoacídico sigue el método de Moore y Steinie (1948), descrito por Córdoba (1990). Del extracto se cogen 0.5ml y se añaden 1.5ml de reactivo de ninhidrina (2g de ninhidrina y 0.3g de hidrantina disueltos en 75 ml de etilenglicol monometiléter y 25ml de tampón acetato sódico (4N, pH 5,5) A continuación se agita y se mantiene 20min en un baño de agua hirviendo. A continuación se enfría en baño de agua y se añaden 8ml de n-propanol al 50%. Tras un período de 10min para desarrollar el color, se mide la absorbancia a 570nm refiriendo los resultados a una recta patrón de aminoácido leucina.

III – 2-2-2-4 – Cuantificación del nitrógeno básico volátil (NBVT)

La determinación sigue el método descrito por Pearson (1968). Se colocan en la parte central de una placa de Conway 1 ml de reactivo de ácido bórico (100ml de alcohol al 95% y 5g de ácido bórico, con una disolución alcohólica de rojo de metilo al 0,66% y verde de bromocresol al 0,335 como indicador, llevado hasta 500ml con agua destilada). En la parte externa de la placa se añaden 1ml del extracto anterior a continuación se cierra la tapa de la placa Conway, impregnada de silicona, para conseguir un cierre hermético. Se desplaza levemente la tapa y se añade en la parte externa de la placa 1ml de una disolución saturada de carbonato potásico, cerrándose posteriormente. Se deja la placa en la estufa a para permitir la difusión de los compuestos nitrogenados volátiles hasta el reactivo del ácido bórico, que se valora con HCl 0,02N.

III – 2-2-3 – Análisis de aminoácidos libres

Los aminoácidos libres fueron separados por cromatografía líquida de alta eficacia de fase reversa.

III – 2-2-3-1 – Extracción de aminoácidos libres.

Se pesaron 10g de muestra a los cuales se añadió 1ml de una disolución que contenía 10mg/ml de norleucina (estándar interno), 20ml de agua destilada y 20ml de ácido sulfosalicílico al 10%. Seguidamente se homogeneizó durante 3 min. A continuación, se mantuvo en reposo durante 17h a una temperatura de 1-2°C y se centrifuga a 7000rpm durante 10min. Se filtró con papel Whatman nº 54 y se lleva a pH 6 con NaOH 4N. Fue filtrado de nuevo y los filtrados se llevaron a 100ml con agua destilada.

III – 2-2-3-2 – Derivatización de aminoácidos

Se utilizó el método Yang y Sepúlveda (1985) modificado por Córdoba y col. (1994a). Del filtrado obtenido anteriormente, se tomaron alícuotas de 50µl

que se colocaron en tubos junto con 200µl de solución marcadora compuesta por 7 partes de etanol, 2 partes de trietilamina y 1 parte de fenilisocianato (PITC). Los tubos se mantuvieron 10min a temperatura ambiente para que se desarrollase la derivatización y transcurrido este tiempo se evaporaron a sequedad con ayuda de una bomba de vacío. A continuación se redisolvió en 200µl de un tampón fosfato 0,5N a pH 7,4 con un 5% de acetonitrilo. Esta disolución se mantuvo a refrigeración durante un tiempo inferior a 6h hasta su análisis cromatográfico.

III – 2-2-3-3- Análisis cromatográfico

Los aminoácidos marcados se analizaron en un cromatógrafo de líquidos de alta eficacia BECKMAN dirigido mediante el programa GOLD. Este cromatógrafo de HPLC está equipado con dos bombas Mod. 110B y un detector “diode array” Mod. 168. La longitud de onda utilizada fue 254 nm. La columna de separación es de fase reversa SUPELCO, con relleno Supelcosil LC-18 (organoclorosilano) de 25cm x 4,6mm y 5µ de tamaño de partícula. Para mantener la temperatura constante 35°C durante los análisis, la columna se introdujo en un calentador de columna BIO RAD. La fase móvil está compuesta por:

Disolución A – Tampón acetato de sódico 0,03 M con 0,05% de trietilamina.

Disolución B - Acetonitrilo (calidad HPLC) al 90% en agua

Se utilizó un gradiente de elución que se describe en la tabla III.4

Tabla III.4: Gradiente de elución efectuado para el análisis de aminoácidos.

Tiempo (min)	Flujo(ml/min)	%A	%B
0		96,8	3,2
0,5	1,0	95,5	4,5
5,5	1,0	91,5	8,5
15	1,0	88,5	11,5
24	1,0	73,5	26,5
46	1,5	1,0	99,0
58	1,0	96,8	3,2

III – 2-2-3-4 – Identificación y cuantificación de aminoácidos

Los aminoácidos fueron identificados por comparación de tiempos de retención con patrones comerciales, analizadas en las mismas condiciones cromatográficas que las muestras.

La cuantificación se llevo a cabo mediante patrón interno (norleucina) y se elaboran una recta patrón para cada aminoácido y se relaciono la concentración aminoácido/concentración norleucina frente a área aminoácido/área norleucina.

III – 2-3 Extracción y análisis de la fracción lipídica

A partir de la grasa intramuscular se han realizado distintas determinaciones para realizar un seguimiento de los procesos lipolíticos y oxidativos de los lomos muestreados. Para ello, previamente, se ha procedido a la extracción de la grasa.

III – 2-3-1 – Extracción de los lípidos

La extracción de la grasa se ha realizado por el método de Soxhlet de acuerdo a norma ISO 1433 (1973), la extracción fue realizada sumergiendo un cartucho de filtro con 4g de muestra en 50ml disolvente (éter de petróleo) y llevándolo a ebullición durante 2h hasta conseguir la separación completa de la grasa de la muestra, después de evaporar el disolvente. Una vez extraída la grasa, se procedió a su secado en una estufa a 102°C durante 1h. A continuación se enfría la muestra en un desecador. La materia grasa bruta de las muestras analizadas se determino gravimétricamente.

III – 2-3-2 – Determinación del índice de ácido tiobarbitúrico (TBA)

La determinación de este índice de enranciamiento oxidativo se realizo sobre un extracto obtenido por destilación de la muestra siguiendo la metodología descrita por Tarladgis y col. (1960), con algunas modificaciones. Para ello se pesaron 10g de muestra y se homogeneizaron durante 4 min. Con

49ml de agua destilada y 1ml de sulfanilamida. A continuación se añadieron 48ml de agua destilada, 2ml de ácido clorhídrico en agua (1:2), antiespumante y se destiló con corriente de vapor de agua, siendo recogidos 50ml de destilado. Se tomaron 5ml de este destilado colocándolos en tubo de ensayo y se añadieron 5ml del reactivo del TBA 0,02 M. Se taparon los tubos, se mezcló bien el contenido y se introdujeron en un baño de agua hirviendo durante 35 minutos. Transcurrido este tiempo se enfriaron los tubos con agua corriente hasta la temperatura ambiente, y se midió su absorbancia a 538nm. Los mg de malonaldeído se obtuvieron contrastando las absorbancias obtenidas con las de una curva patrón de 1.1.3.3.-tetraetoxipropano (TEP). Los resultados se expresaron como mg de malonaldeído por Kg de muestra.

III – 2-3-3 – Determinación de ácidos grasos de la grasa intramuscular

Para la determinación de los ácidos grasos en músculo se utilizó el método de Rule (1997) que hace la transesterificación directa de los ácidos grasos totales del músculo liofilizado.

III – 2-3-3-1 – Derivatización de ácidos grasos

Después de liofilizar la muestra durante 48h, se pesan 100mg del liofilizado en un tubo de ensayo. Se añade el patrón interno (ácido tridecanoico) y 1,4ml de trifluoruro de boro en metanol (20%) y a continuación 2,6ml de metanol. Se coloca en un baño calentado a 80°C y se agita en un vortex cada 5min durante 1 hora. Al final se enfría y se añaden 3ml de agua y 3ml de hexano. Se agita en un vortex y a continuación se centrifuga a 2000rpm durante 3min. Al final se recoge la fracción del hexano en viales.

III – 2-3-3-2 – Análisis cromatográfico

Para el análisis de ácidos grasos se utilizó un cromatógrafo de gases HEWLETT PACKARD Mod. HP-5890A controlado a través del programa CHEMSTATION. El cromatógrafo está provisto de sistema de inyección on-column y detector FID. La columna utilizada fue semicapilar con fase

estacionaria polar de FFAP (polietilenoglicol) suministrada por HEWLETT PACKARD, de 30m de longitud, 0.53mm de diámetro interno y un grosor de fase de 1.0µm. Las condiciones fueron:

Flujo de gas portador, N₂: 15 ml/min.

Temperatura inyector: 230°C.

Temperatura detector, FID: 240°C.

Temperatura horno: isoterma a 220°C.

Duración de cada carrera: 30 min.

III – 2-3-3-3 – Identificación y cuantificación

La identificación de los ácidos grasos se realizó por comparación de patrones cromatografiados en las mismas condiciones que las muestras. Los resultados de ácidos grasos de la grasa intramuscular se expresaron en porcentaje.

La cuantificación se llevo a cabo mediante patrón interno (ácido tridecanoico) realizándose curvas patrón con diferentes concentraciones de los ésteres metílicos cuantificados. Los resultados están expresados en mg de ácido graso por cada 100mg de ácidos grasos identificados.

III – 2-3-4 – Fraccionamiento de la grasa en lípidos neutros, ácidos grasos libres y fosfolípidos

La grasa obtenida tal como se describe en el apartado 2-3-3 se fracciona para obtener lípidos neutros, ácidos grasos libres y fosfolípidos. El fraccionamiento de la grasa se realizó tal como se muestra en la Figura III.6. Este método se elaboró a partir del descrito por Kaluzny y col., (1985) se introdujeron modificaciones propuestas por Pinkart y col., (1998). La grasa extraída disuelta en el hexano se somete a evaporación por corriente de nitrógeno para eliminar el disolvente. La grasa fue redisolta en 150µl hexano: cloróformo:metanol (95:3:2; v/v/v) y se paso a través de la columna de cromatografía en fase sólida (SPE) en columnas de aminopropil de 500mg activadas con 7,5ml de hexano (3 lavados de 2,5ml cada uno). A continuación se eluyeron los lípidos neutros mediante 2 lavados sucesivos de 2,5ml cada

uno de dietiléter: ácido acético (98:2; v/v) y finalmente los lípidos polares con 2,5ml de metanol:cloroformo (6:1; v/v) y 2,5ml de acetato sódico en metanol:cloroformo (6:1; v/v) 0,05 M.

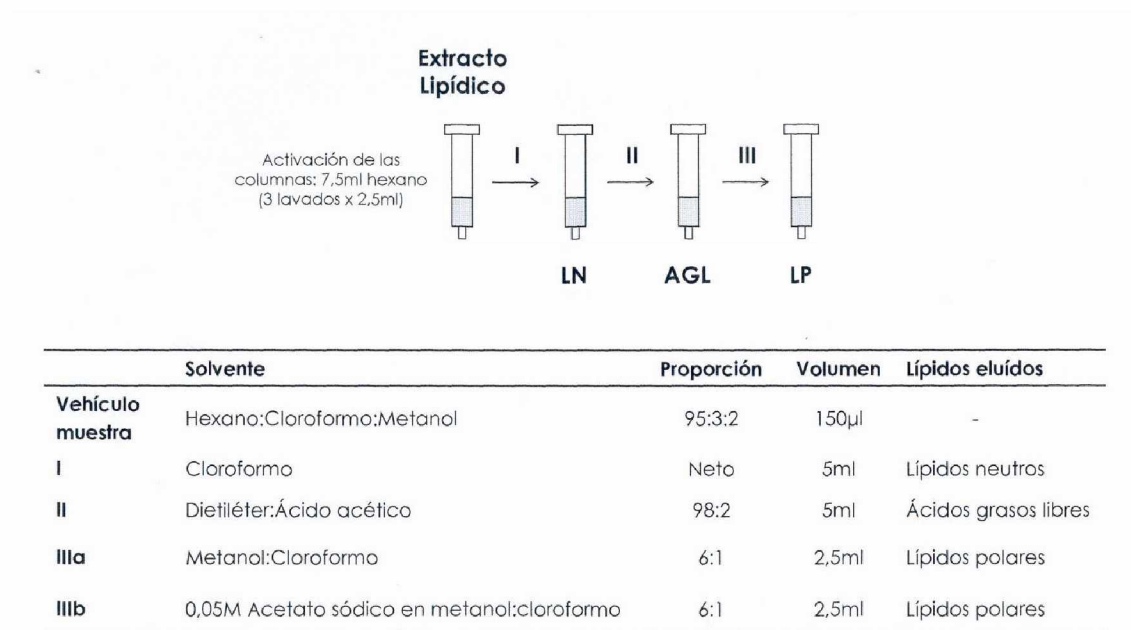


Figura III.6: Esquema del método de separación en fase sólida (SPE) (columnas de aminopropil de 500mg) de las distintas fracciones de lípidos (Kaluzny y col., 1985; Pinckart y col., 1998).

La primera fracción de lípidos neutros está constituida por los triglicéridos, diglicéridos y monoglicéridos.

La segunda fracción contiene los ácidos grasos libres y por último en la tercera fracción están los lípidos polares, fundamentalmente los fosfolípidos.

III – 2-3-4-1 – Metilación de los ácidos grasos de las fracciones

A los tubos con las distintas fracciones se les añadió 1ml del patrón (ácido tridecanóico – 0,0625g de ácido en 50ml de cloroformo). Se evaporó con nitrógeno y se le añadió 1ml de metilato sódico. Los tubos fueron, durante 30min, a una estufa a 80°C. A continuación se añadió 1ml de sulfúrico en metanol y se llevaron de nuevo a la estufa al mismo tiempo. A continuación, se enfrian las muestras, se añade 1ml de hexano y posteriormente 1ml de cloruro

sódico. Finalmente se centrifuga y se añade el hexano a los viales que se llevan a sequedad y se redisuelven nuevamente en 1 ml de hexano.

III – 2-3-4-2 – Análisis cromatográfico

Para el análisis de ácidos grasos se utilizó un cromatógrafo de gases HEWLETT PACKARD Mod. HP-5890A controlado a través del programa CHEMSTATION. El cromatógrafo está provisto de sistema de inyección on-column y detector FID. La columna utilizada fue semicapilar con fase estacionaria polar de FFAP (polietilenoglicol-TPA modificado) suministrada por HEWLETT PACKARD, de 30m de longitud, 0.53mm de diámetro interno y un grosor de fase de 1.0µm. Las condiciones fueron:

Flujo de gas portador, N₂: 2,6 ml/min.

Temperatura inyector: 230°C.

Temperatura detector, FID: 230°C.

Temperatura horno: isoterma a 225°C.

III – 2-3-4-3 – Identificación y cuantificación

La identificación de los ácidos grasos se realizó por comparación de patrones cromatografiados en las mismas condiciones que las muestras.

La cuantificación se llevó a cabo mediante patrón interno (ácido tridecanoico) realizándose rectas patrón con diferentes concentraciones.

III – 2-4 Determinación de los compuestos volátiles

Para el estudio del perfil de compuestos volátiles del lomo curado en profundidad, se empleó la técnica de microextracción en fase sólida (SPME) en espacio cabeza. Se tomó una loncha de lomo con 1cm de grosor y se separó con una capa externa de aproximadamente 0,5cm de ancho y de la zona interna se picó la muestra y se procedió a su análisis. Se utilizó una fibra de SPME de carboxen/polidimetilsiloxano de 75µm de espesor acoplada a un portafibras manual (Supelco Co., Bellefonte, PA). Este tipo de fibra fue elegida

por su alta sensibilidad y amplio rango de respuesta lineal (Brunton y col., 2000) Antes de cada toma de muestra fue activada durante 50min a 280°C. El proceso SPME consta de 2 pasos fundamentales: la partición de los analitos entre la fase estacionaria y el espacio de cabeza de la matriz, y la desorción del extracto concentrado en el instrumento de análisis. Fig III.7.

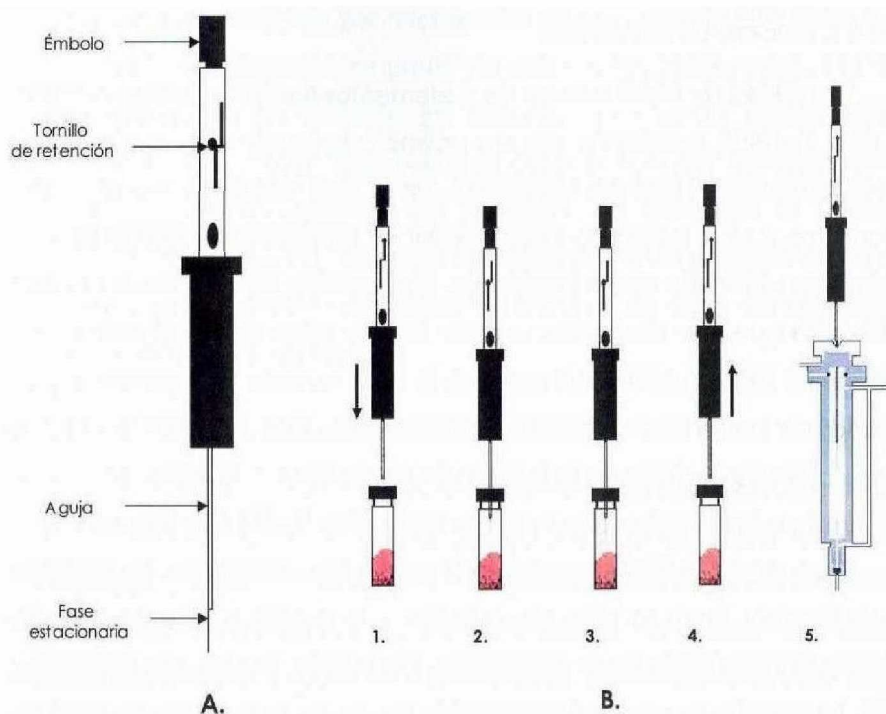


Figura III.7: Dispositivo de SPME (A.) y proceso de extracción de SPME (B.).

Para la extracción de los compuestos volátiles se pesó en un vial de vidrio 1g de muestra picada y se selló mediante un tapón metálico con septum de teflón/silicona. Se insertó a través del septum la fibra activada Fig III.7 B.1., y se mantuvo el vial en un baño de agua a 37°C durante 30min. Fig III.7 B.2. Transcurrido este tiempo la fibra de SPME se transfirió al inyector Fig III.7 B.5 de un cromatógrafo de gases HP 5890 GC serie II acoplado a un detector selectivo de masas Agilent 5973, según las condiciones de la Tabla III.5.

Tabla III.5: Condiciones cromatográficas empleadas en el análisis de los compuestos volátiles mediante cromatografía de gases asociada a espectrómetro de masas.

Flujo de gas portador (He)	1,45ml min ⁻¹
Temperatura del horno (gradiente de temperatura)	40°C 10min Hasta 200°C (5°C min ⁻¹) 200°C 5 min
Temperatura del inyector (splitless)	280°C
Temperatura línea de transferencia	280°C
Impacto electrónico	70Ev
Electrón multiplicador voltio	1576V
Recogida de datos	1scan/s Rango de masas 300-500

La recogida de datos de los espectros se realizó a una velocidad de 1scan/s en un rango de masas de 30 a 500. Para la identificación de los picos cromatográficos se compararon los espectros obtenidos con las librerías de espectros NIST/EPA/NIH y Wiley y con los índices de retención lineal (Índices de Kovats) referidos en la bibliografía (Muriel, 2003) y calculados utilizando un patrón de alcanos.

III – 2-5 Determinación de los hidrocarburos aromáticos policíclicos

Para el estudio de los hidrocarburos aromáticos policíclicos en lomo curado, se empleó la técnica de microextracción en fase sólida (SPME) en espacio cabeza. Se tomó una loncha de lomo con 1cm de grosor y se separó una capa externa de aproximadamente 0,5cm de ancho y se picó la muestra de la zona interna procediéndose a continuación a su análisis. Se utilizó una fibra de SPME de polidimetilsiloxano de 100µm de espesor acoplada a un portafibras manual (Supelco Co., Bellefonte, PA). Se procede como está expuesto en la Fig III.7 en la determinación de los compuestos volátiles según lo método de Pawliszyn (1997). Antes de cada toma de muestra fue activada durante 80min a 290°C. Para la extracción de los HAPs se pesó en un vial de vidrio 1g de muestra picada y se selló mediante un tapón de plástico y septum

de teflón/silicona. Se insertó a través del septum la fibra activada y se mantuvo el vial en un baño de agua a 30°C durante 30min. Transcurrido este tiempo la fibra de SPME se transfirió al inyector de un cromatógrafo de gases HP 5890 GC serie II acoplado a un detector selectivo de masas Agilent 5973, según las condiciones de la Tabla III.6.

Tabla III.6: Rampa de temperaturas del método cromatográfico para a determinación de HAPs.

Temperatura (C°)	130	290
Tiempo (min.)	0,5	42
Rampa	5°C/min	

El gas portador empleado fue el Helio, con un flujo constante de 1,2 ml/min, una presión de cabeza de columna de 60,2 KPa y una velocidad media de 32 cm/sec.

Los espectros de masa se obtuvieron mediante modo SIM. Este modo, mejora la sensibilidad de detección, ya que permite limitar la detección a uno o varios fragmentos iónicos específicos, característicos de un determinado compuesto. Se seleccionó del espectro típico de cada uno de los HAPs, el ión más abundante o aquel menos frecuente en el resto de analitos y teniendo en cuenta el tiempo de retención para cada uno de los HAPs, se fijaron los intervalos de tiempo en los cuales el detector responde a la señal emitida por el ión que ha sido seleccionado para el analito que se encuentra dentro del dicho intervalo tiempo. Los iones seleccionados e intervalos de tiempo de detección establecidos para el modo SIM se muestran en la Tabla III.7 (Martín, 2004).

Tabla III.7: Condiciones de la detección mediante el modo SIM para cada uno de los HAPs.

HAP	Ión	Tiempo de retención (min.)	Intervalo de tiempo de detección del ión (min.)
Naftaleno	128	9.12	5.00-12.00
Acenaftaleno	152	15.24	12.00-17.00
2-Bromonaftaleno	206	15.80	12.00-17.00
Acenaftaleno	154	16.03	12.00-17.00
Fluoreno	166	18.32	17.00-20.00
Fenantreno	178	22.88	20.00-25.00
Antraceno	178	23.10	20.00-25.00
Fluoranteno	202	28.72	25.00-33.00
Pireno	202	29.84	25.00-33.00
Benzo(a)traceno	228	36.19	33.00-40.00
Criseno	228	36.47	33.00-40.00
Benzo(b)fluoranteno	252	45.32	40.00-60.00
Benzo(a)pireno	252	49.00	40.00-60.00
Indeno(1,2,3,c,d)pireno	276	66.51	60.00-74.50
Dibenz(a,h)antraceno	278	67.04	60.00-74.50
Benzo(g,h,i,)perileno	276	71.62	60.00-74.50

III – 2-6 Análisis físicos

III – 2-6-1 – Determinación del color

El color fue medido en la superficie de dos cortes diferentes uno transversal (Fig.III.8) y otro longitudinal (Fig.III.9) y en cada uno se tomaron 3 medidas, con el colorímetro Minolta.

Previamente a la realización de la medición, el colorímetro se calibró con una placa de calibración para el color blanco. Se midieron las coordenadas L^* (luminosidad), a^* (retención del color rojo) y b^* (retención del color amarillo) (Minolta, C.I.E. 1976).



Figura III.8: Determinación del color en un corte transversal.



Figura III.9: Determinación del color en un corte longitudinal.

III – 2-6-2 – Evaluación instrumental de la textura

La evaluación instrumental de la textura se realizó mediante un texturometro TAXT2 usando el método descrito por Bourne (1978) se utilizaron muestras cortadas en forma de cubo de 1cm^3 y una sonda de 5cm de diámetro, la velocidad de 1mm/seg y un grado de compresión de 70% del grosor total de la muestra. El método esta basado en medidas de fuerza frente al tiempo. Huang y Robertson (1977) han comprobado que los métodos que mejor se ajustan a los productos cárnicos son los de penetración y compresión-trituración. Con la penetración se mide la fuerza necesaria para introducir la sonda en el alimento, mientras que la compresión se somete al alimento a cierto grado de presión en condiciones controladas.

El ensayo escogido para evaluar la textura de las muestras fue el “Análisis del Perfil de Textura Instrumental” o “Textura Profile Análisis” (TPA instrumental). Según Ordóñez (2001) el ensayo consiste en comprimir una porción de alimento equivalente a la desprendida en un mordisco, dos veces, en un movimiento que imita la acción del masticado, y extraer de la curva fuerza-tiempo resultante un cierto número de parámetros de textura. Para ello la sonda del aparato, colocada inicialmente a cierta distancia de la muestra, penetra y la comprime, vuelve a su posición inicial, y repite el proceso en un segundo ciclo. Se puede observar en una gráfica fuerza-tiempo como la de la Fig III.10.

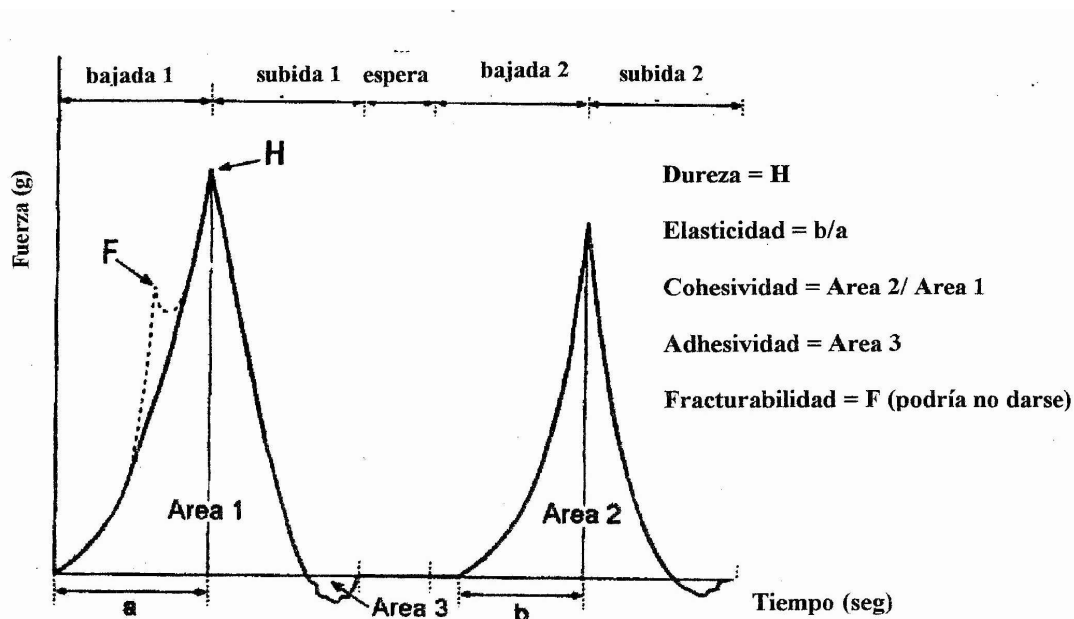


Figura III.10: Curva tipo fuerza-tiempo obtenida con el Textura Analizar Stable Micro Systems TA.XT2, mediante un ensayo TPA.

La curva fuerza-tiempo es lo que permite establecer parámetros de textura:

Dureza: Fuerza necesaria para conseguir una deformación en la muestra. Viene dada por la altura del mayor pico en la primera compresión de la curva del TPA. Expresado en gramos.

Cohesividad: Fuerza de los enlaces de unión que mantiene ligadas las distintas partes del alimento, constituyendo así el cuerpo o estructura de la muestra. Se calcula como la relación entre las dos áreas positivas de la curva fuerza-tiempo. Adimensional.

$$\text{Cohesividad} = A_2 / A_1$$

Adhesividad: Simula el trajo necesario para contrarrestar las fuerzas de atracción entre la superficie de la sonda y la muestra, cuando entran en contacto. Se refleja en el área de la curva que puede aparecer por debajo de la línea base después del primer ciclo de compresión (primer mordisco), es decir A_3 . Expresado en g/seg

Elasticidad: Grado en que la muestra, una vez que se deforma, es capaz de recuperar su condición inicial no deformada cuando las fuerzas de deformación son retiradas (sonda). Se mide como el cociente de los tiempos

entre el inicio del ciclo y la máxima fuerza, correspondientes al segundo y primero ciclo, es decir b/a .

Masticabilidad: Energía necesaria para masticar-triturar un sólido hasta alcanzar el estado en que está preparado para ser deglutido. Se calcula como

$$\text{Masticabilidad (g)} = \text{Dureza} \times \text{Cohesividad} \times \text{Elasticidad}$$

Gomosidad: Energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser deglutido. Se calcula como

$$\text{Gomosidad} = \text{Dureza} \times \text{Cohesividad}$$

III – 2-7 Análisis sensorial

Un panel de catadores entrenados realizó un análisis sensorial descriptivo del lomo curado, con el fin de identificar las posibles diferencias entre las dos tecnologías secado/ahumado utilizadas en los dos procesos de elaboración. Los panelistas fueron seleccionados 18 de los 25 testados y los seleccionados fueron entrenados para apreciar las características del producto y habituarse al vocabulario específico de la ficha de cata.

III – 2-7-1 – Muestras

Para la realización del análisis sensorial se dispuso de dos lotes de 3 lomos, procedentes de las dos tecnologías ahumado/secado y sobre los cuales se ha realizado el análisis físico-químico descrito anteriormente.

III – 2-7-2 – Catas

El análisis sensorial fue realizado por 18 panelistas entrenados. Se dispuso de cabinas individuales para efectuar las catas. Cada una de las muestras de cada sesión consistía en un plato con 3 lonchas del lomo,

previamente seleccionadas. Para cada muestra los panelistas tenían que rellenar la ficha de cata expuesta a continuación que ha sido adaptada de la descrita por García y col. (1996) para jamón Ibérico. Los atributos debían ser valorados de menos a más mediante una marca realizada en una barra horizontal no numerada, en que los catadores expresaran sus respuestas mediante una escala lineal de 10 cm de longitud.

Ficha de cata

ANÁLISIS VISUAL

Aspecto do magro (aspecto del magro)

Vermelho (rojo)

Claro	escuro (oscuro)
Brilho	

Mate	brilhante
------	-----------

Aspecto do marmoreado (aspecto d'el veteado)

Marmoreado (veteado)

Pouco (poco)	muito (mucho)
--------------	---------------

ODOR (olor)

Intensidade (intensidad)

Pouca (poco)	muita (mucho)
--------------	---------------

TEXTURA

Textura do magro (textura del magro)

Dureza

Pouca(poca)	muita (much)
Fibrosidade	

Pouco (poco)	muita (mucho)
Rugosidade (jugosidad)	

Pouco (poco)	muito (mucho)
--------------	---------------

GOSTO (gusto)

Salgado (salado)

Pouco (poco)	muito (mucho)
--------------	---------------

Doce (dulce)

Pouco (poco)	muito (mucho)
--------------	---------------

Amargo

Pouco (poco)	muito (mucho)
--------------	---------------

FLAVOR (Gosto e Aroma)	
Intensidade (intensidad)	
Pouca(poca) Rancidez	muita (much)
Pouca(poca) Flavor a fumo (flavor a humo)	muita (much)
Pouco(poco) Flavor a picante	muito (mucho)
Pouco (poco)	muito (mucho)

III – 2-8 Determinaciones microbiológicas

III – 2-8-1 – Preparación de la muestra

Después de recogida la muestra y pesada asépticamente, se toman 30g de muestra que se homogeneizan con agua peptonada en Stomacher.

III – 2-8-2 – Recuentos de microorganismos

III – 2-8-2-1 – Recuento de microorganismos mesófilos

Se llevó a cabo sembrando por duplicado en placa, por incorporación en medio PCA (Plate Count Agar-Difco), 1ml de distintas diluciones, seguida de incubación durante 3 días a 30°C. Contadas las colonias los resultados se expresan en unidades formadoras de colonias por gramo, según la norma ISO 4833 de (1991)

III – 2-8-2-2 – Recuento de coliformes totales

Se realizó sembrando por duplicado en placa, en medio Violeta Red Bile Lactose (VRBL) seguida de una incubación durante 24±2h a 30°C. Contadas

las colonias características, los resultados se expresan en unidades formadoras de colonias por gramo, según la ISO 4832 (1991).

III – 2-8-2-3 – Recuento *Lactobacillus*

Se llevó a cabo sembrando por duplicado en placa, mediante siembra en masa en medio MRS AGAR (Man, Rogosa Sharpe), 1ml de distintas diluciones, seguida de incubación durante 5 días a 30°C. Contadas las colonias los resultados se expresan en unidades formadoras de colonias por gramo, según ISO 15214 (1998).

III – 2-8-2-4 – Recuento de microorganismos en medio Tributirina agar

Se llevó a cabo sembrando por duplicado en placa, por incorporación en medio TRIBUTIRINA AGAR, 1ml de distintas diluciones, seguida de incubación durante 6 días a 25°C. Contadas las colonias características los resultados se expresan en unidades formadoras de colonias por gramo, según Fryer y col.,(1967), modificado por Fonseca (1985)

III – 2-8-2-5 – Recuento de microorganismos en medio Manitol Salt Phenol-Red Agar

Se realizó sembrando por duplicado en placa, por extensión con cayado en medio selectivo MANITOL SALT PHENOL-RED AGAR 0,1ml de la dilución, seguida de incubación durante 3 días a 30°C. Contadas las colonias características los resultados se expresan en unidades formadoras de colonias por gramo.

III – 2-8-2-6 – Recuento de mohos y levaduras

El recuento de mohos se realizó segundo recomendaciones de la ISO 13681 (1995). La siembra se realizó por extensión con cayado, tomando 1ml de la dilución correspondiente y colocando 0,2 ml en cada placa. En medio C.R.B.A. (Cook Rose Bengal Agar) previamente fundido y adicionado de cloranfenicol. Las placas se incuban a 25°C durante 120 horas.

III – 2-8-2-7 – Recuento de *Escherichia coli*.

El recuento de *Escherichia coli* se realizó sembrando 1 ml de la dilución de 1/5 en 5 placas en medio TERGITOL, para las restantes diluciones se llevo a cabo una siembra por duplicado en placa, seguido de incubación durante $24\text{h}\pm 2\text{h}$ a $44,5^{\circ}\text{C}$. Contadas las colonias los resultados se expresan en unidades formadoras de colonias por gramo, se considera el factor de dilución, según la norma ISO 16649-2 (2001).

III – 2-8-2-8 – Recuento de *Stapyilococcus aureus*

Se llevó a cabo sembrando por duplicado en placa, por extensión con cayado en medio AGAR BAIRD-PARKER, 0,1ml de distintas diluciones, seguida de incubación con una duración de 24 a 48 horas a 37°C , las colonias típicas, seleccionadas se confirmaron por la prueba de la coagulasa. Contadas las colonias los resultados se expresan en unidades formadoras de colonias por gramo, según la ISO 6888-1 (1999)

III – 2-8-2-9 – Recuento de esporos de Clostridios sulfito-reductores

Después de la inactivacion de las formas vegetativas microbianas en baño de agua a 80°C durante 10 minutos. Se llevó a cabo sembrando por duplicado en tubo de ensayo, en medio AGAR de HIERRO y SULFITO, 1ml de distintas diluciones, seguida de incubación durante 1 a 5 días a 37°C . Contadas las colonias los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias por gramo, según la ISO 15213 (2003)

III – 2-8-2-10 – Aislamiento e identificación de *Salmonella*

El aislamiento e identificación de *Salmonella* se realizó pesando asépticamente 25 g del producto y añadir 225 ml de agua peptonada, tamponada. A continuación se incubó A 37°C durante 16-20h. El cultivo anterior se agitó y se sembraron 0,1ml de éste sobre caldo Rappaport-Vassiliasin y 10ml sobre caldo Selenito-cistina. El primero se incubó a $42^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}/ 8-24\text{h}$ y el

segundo a 37°C /18-24h. Contadas las colonias los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias por 25 gramos, se considera el factor de dilución, según ISO 6579 (2002)

III – 2-9 Análisis estadístico

Se utilizó un análisis multivariante de la varianza mediante un modelo lineal general para comparar las medias de los grupos. Para establecer las posibles diferencias entre los lomos procesados con las dos tecnologías distintas y entre las etapas de procesado en cada tecnología, se realizó un análisis de la varianza mediante el modelo lineal general y el test de Tukey para comparar las medias de los grupos con un nivel de significación $p \leq 0,05$. Para realizar el tratamiento estadístico se utilizó el programa SPSS versión 12. Base System Regresión Models Advanced.

Se utilizó lo test de correlación de Pearson para correlacionar las distintas variables como se puede observar en el anexo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV – RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV – 1 Condiciones durante el proceso de maduración

Las medidas de temperatura y humedad relativa en el secadero a lo largo de la maduración se reflejan en la Fig.IV.1.

Durante los 140 días de la etapa de secadero los lomos se someten a temperaturas que oscilan entre 11,5-14,5°C, y la humedad relativa se situó entre 62-76 %HR, las cámaras permitieron controlar adecuadamente las condiciones de maduración, en los lomos procedentes de las dos tecnologías, con ahumado y con cámara de post salado frío.

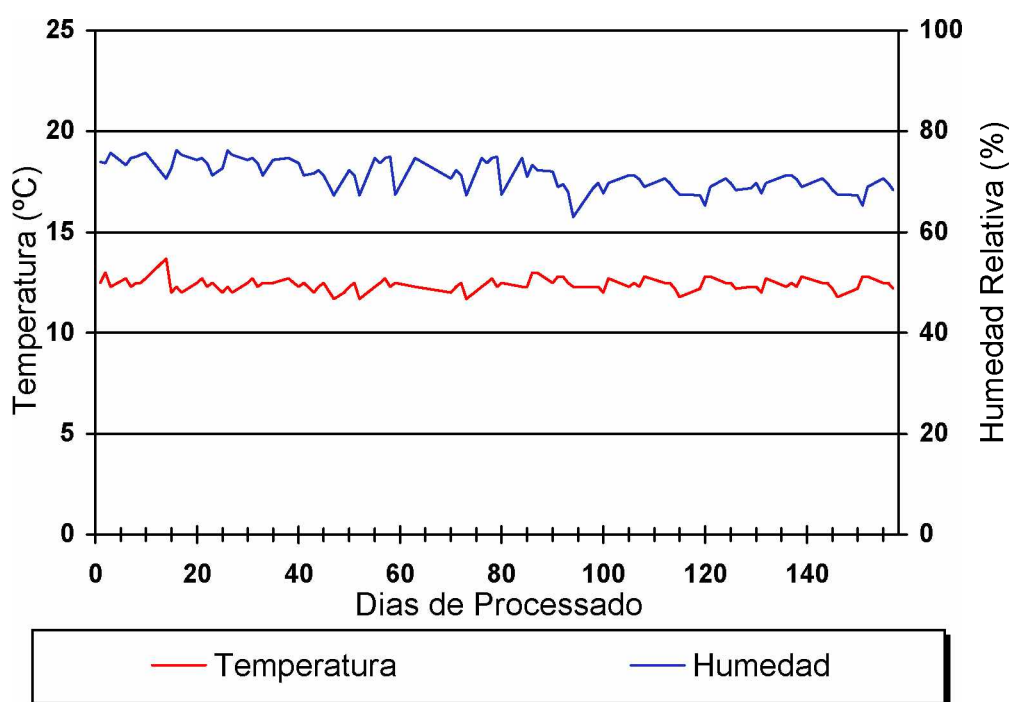


Figura IV.1: Evolución de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) durante la etapa de secadero.

Las condiciones de humedad relativa y temperatura a las que se someten los lomos durante la maduración dependen de la tecnología de elaboración. Durante la etapa de adobo, los lomos se mantuvieron a

temperaturas de refrigeración, evitando el desarrollo de microorganismos alterantes y con una humedad relativa alta para facilitar la penetración de la sal. En los lomos que se ahumaron, el adobo se realizó por salmuera para impedir un secado brusco. En el ahumadero se alcanzaron temperaturas 47-51,8°C y la humedad relativa fue de 65-75 %HR. En los lomos que van a la cámara de post-salado frío se utilizó sal sólida y permanecieron en la cámara a una temperatura de 11,35 – 11,4 °C y una humedad relativa de 83,4–85,4°C. Las etapas de secadero se realizaron en condiciones ambientales controladas como se ve en la Fig.IV.1, durante cerca de 140 días. Las condiciones de temperatura están comprendidas entre 11–13°C y a una humedad relativa de 65– 75°C con una velocidad del aire de 1m/s que debe circular uniformemente por el secadero, para que el secado de los lomos sea homogéneo. Muriel (2003) ha señalado en su tesis condiciones de elaboración en lomos curados Ibéricos bastante similares a las presentadas en este trabajo.

IV – 2 Evolución de Parámetros Físico-Químicos Generales Durante las Etapas de Elaboración

IV – 2-1 – Determinación de humedad

El porcentaje de humedad que presentaron los lomos en las distintas etapas de la maduración en las dos tecnologías utilizadas, se expone en la Tabla IV.1

Se observa un descenso paulatino durante todo el procesado, más visible en las etapas de secadero. La suavidad de este descenso queda demostrada por la ausencia de diferencias significativas entre etapas consecutivas a excepción del producto final que difirió estadísticamente de todas las demás. El comportamiento fue similar en las dos tecnologías empleadas y no se observaron diferencias significativas entre ellas.

El contenido acuoso en los lomos frescos es de 68,88% un resultado que esta de acuerdo con los valores encontrados por Muriel (2003) y un poco más bajos que los encontrados por Hernández (1998) de 74% de humedad en lomos frescos pero no de cerdo Ibérico. Muriel (2003) encontró en lomos

curados una humedad alrededor de 33–35% bastante más baja que el 52% encontrado en nuestro trabajo, en los lomos procesados en las dos tecnologías y que presenta valores mas cerca de los encontrados por Hernández (1998) de 58,5% de humedad y más bajos que los valores encontrados por esta autora para lomos adobados en salmuera con 73,5% de humedad. En los estudios de jamones de cerdo Ibérico, el contenido acuoso encontrado ha sido de 48% en el bíceps y de 35% en el semimembranoso (Martín, 1996). Las diferencias entre los músculos superficiales y profundos también han sido observadas por otros autores en jamones Ibéricos (Córdoba y col., 1994a). La humedad en los lomos curados se comportaría de modo similar a la de los músculos interiores del jamón. Esto es debido a que, aunque el lomo esta constituido prácticamente por un solo músculo, se encuentra recubierto con la tripa natural, que sirve de barrera al secado.

Los factores determinantes de esta pérdida progresiva de agua son la materia prima de partida y las condiciones del proceso, en especial el grado de salazón, la humedad relativa y la temperatura del secadero (Arnau, 2000).

Tabla IV.1: Porcentaje de humedad de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	68,88 \pm 3,19 ^{dc}	
Ad	7	69,52 \pm 3,03 ^d	70,62 \pm 1,81 ^c
Ah/M	10	66,94 \pm 1,82 ^{cd}	65,38 \pm 6,66 ^{bc}
S1	40	63,82 \pm 2,70 ^{bc}	66,13 \pm 4,79 ^{bc}
S2	75	59,34 \pm 3,53 ^b	60,32 \pm 4,96 ^b
Pf	150	52,02 \pm 6,17 ^a	51,24 \pm 5,40 ^a

IV – 2-2 – Determinación de la capacidad de retención del agua

Los valores obtenidos en la determinación de la capacidad de retención de agua expresados en materia fresca (Tabla IV.2) muestran un descenso del contenido acuoso a lo largo del proceso, mostrando diferencias significativas entre las etapas de adobo y post-salado en las dos tecnologías y también se registran diferencias significativas entre las tecnologías en las etapas de post-salado e inicio de secadero y en el producto final.

Radetic y col. (1982), observó un descenso de la capacidad de retención de agua en niveles superficiales de productos ahumados, probablemente debido la reactividad de los compuestos del humo, en especial los carbonilos y fenoles, con las proteínas, impidiendo que estas retuvieran el agua. Lo que puede explicar los valores más bajos en la etapa de ahumado.

En las fases iniciales con la adición de la sal se produce una mayor solubilización proteica capaz de fijar agua, lo que explicaría que sufrieran una

menor deshidratación, pero en el secadero, el efecto conjunto de la sal y la desecación, debida al incremento de temperatura, promueven fenómenos de desnaturalización-agregación, con la consiguiente pérdida de la capacidad de agua (De Prado, 1988). Algo similar podría ocurrir con la desintegración de la estructura tisular que puede tener lugar en esta etapa y que ha sido observada con técnicas histológicas en jamón Ibérico (Córdoba, 1990).

Tabla IV.2: Porcentaje de la capacidad de retención de agua de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en materia fresca.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	30,40 \pm 4,39 ^{bc}	
Ad	7	30,57 \pm 4,19 ^c	32,45 \pm 5,75 ^c
Ah/M	10	¹ 21,03 \pm 4,65 ^b	² 25,91 \pm 2,68 ^b
S1	40	¹ 19,56 \pm 3,18 ^{ab}	² 25,12 \pm 6,55 ^b
S2	75	13,84 \pm 6,36 ^a	13,20 \pm 3,19 ^a
Pf	150	² 15,58 \pm 6,11 ^{ab}	¹ 10,66 \pm 3,65 ^a

IV – 2-3 – Determinación de la actividad del agua

A lo largo del proceso de elaboración se produce una reducción de la a_w (Tabla IV.3, Fig. IV.2) hasta valores de 0,86 y 0,85 en la tecnología que utiliza el ahumado y en la tecnología que utiliza la cámara de post-salado frío respectivamente. No hay en la bibliografía valores comparables en lomos curados aunque se han encontrado valores similares (0,82 – 0,86) en músculos superficiales (semimembranoso) del jamón (Córdoba 1990, León Crespo, 1982).

La actividad de agua (a_w) está directamente relacionada con el contenido en agua y los niveles de sal en el músculo, de modo que cuanto mayor sea la relación sal/humedad, menor será el valor de actividad de agua (Bandeira y col, 1990). La a_w es un índice de seguridad microbiológica del alimento, ya que cuanto menor es la a_w menor es el riesgo de microorganismos, y por lo tanto el secado debe conducir a valores de a_w que aseguren la estabilidad microbiológica del alimento a temperatura ambiente.

Reduciendo la a_w a niveles por debajo de 0,90 el crecimiento bacteriano se inhibe si se evita la condensación de agua en la superficie del embutido (Ordóñez y Hoz, 2001). Rodríguez y col (2001), han observado, en jamón Ibérico, que bajo las condiciones de maduración adecuadas, solamente se desarrollan los grupos microbianos mejor adaptados, como las micrococáceas, mohos y levaduras, inhibiéndose los restantes grupos microbianos.

En los lomos de este estudio se produce un descenso en la actividad del agua desde el inicio de la maduración. Esta disminución está relacionada con la incorporación de la sal y el descenso del contenido acuoso. El descenso más pronunciado se observa a mitad de la etapa de secadero posiblemente debido a la conjunción de las circunstancias antes mencionadas y de un fuerte aumento de aminoácidos libres.

Tabla IV.3: Porcentaje de la actividad del agua de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	0,94 \pm 0,02 ^{ab}	
Ad	7	0,92 \pm 0,02 ^a	0,93 \pm 0,02 ^b
Ah/M	10	0,92 \pm 0,03 ^a	0,97 \pm 0,00 ^c
S1	40	0,95 \pm 0,03 ^a	0,98 \pm 0,01 ^c
S2	75	0,84 \pm 0,02 ^a	0,86 \pm 0,01 ^a
Pf	150	0,86 \pm 0,02 ^a	0,84 \pm 0,02 ^a

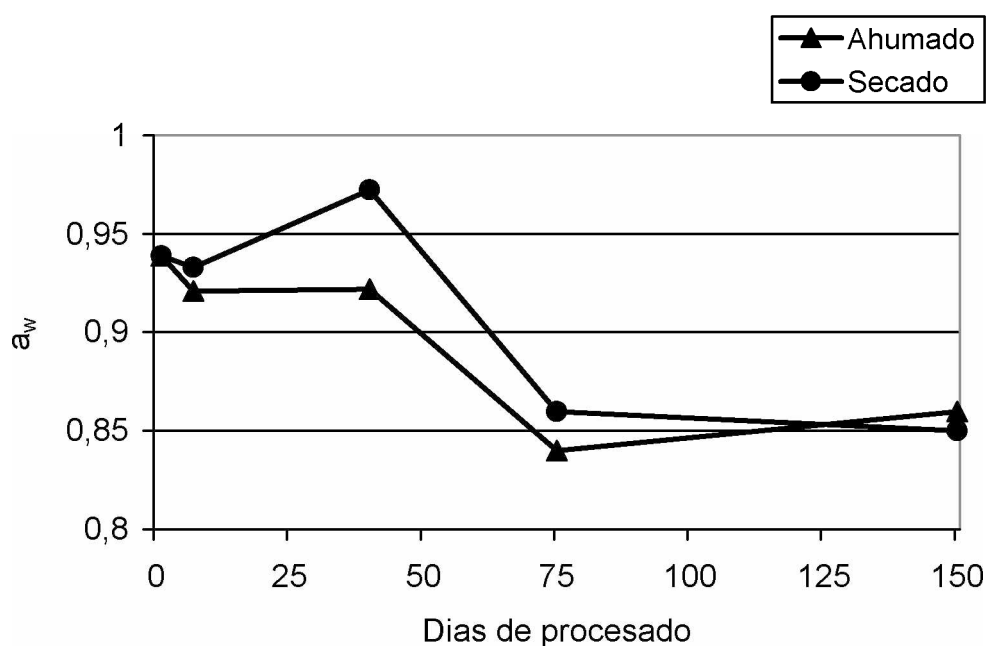


Figura IV.2: Evolución del a_w de los lomos curados ahumados (Ah) y de los lomos curados secados (M) en las diferentes etapas de elaboración.

La matriz de correlación reflejada el anexo, corresponde al cálculo de los coeficientes de correlación de los datos obtenidos en las dos tecnologías durante el procesado de los lomos.

Tal como sería de esperar la humedad se correlaciona positivamente con la a_w , CRA, pH y cloruros y negativamente con la ceniza. La deshidratación y penetración de la sal determina el grado de la desnaturalización proteica (Ordoñez, 2001) y se correlaciona claramente con la fracción nitrogenada no proteica (NNP, Namin, NBVT) y con algunos aminoácidos. Sin embargo, presenta poca correlación con la fracción lipídica, observándose esta correlación solamente en lo referente a los ácidos grasos el C16:1, C18:1, C18:2, C20:4. La luminosidad y los parámetros de textura, como la cohesividad, adhesividad, elasticidad y fracturabilidad se correlacionan con la humedad.

La a_w se relaciona positivamente con CRA y cloruros y negativamente con la ceniza, mientras que la CRA presenta correlaciones positivas con el pH y cloruros y negativas con las cenizas. Estas correlaciones entre los parámetros que cuantifican el agua de la carne con los cloruros y el pH son parámetros indisociables entre si debido a que la penetración de la sal implica la salida del agua y por lo tanto una estructura muscular más abierta o cerrada.

La actividad del agua, o sea el agua libre, presenta correlación con el porcentaje de proteína, con el NBVT y algunos aminoácidos, no presentando ninguna correlación con los parámetros lipídicos. La adhesividad, elasticidad y la fracturabilidad son los parámetros de textura que también se correlacionan con lo a_w .

La capacidad de retención de agua presenta correlación con la mayoría de los parámetros de la fracción no proteica y con muchos aminoácidos mientras que no se observa ninguna correlación con la fracción lipídica. Con los parámetros físicos se correlaciona con luminosidad transversal y también con la saturación de color (C) transversal y con el tinte (H^0) transversal y con todos los parámetros de textura salvo la gomosidad.

Como se puede observar la mayoría de los parámetros mencionados están estrechamente ligados a la estructura de la pieza cárnica y por lo tanto era de esperar que existieran correlaciones entre ellos. Sin embargo, llaman la atención las escasas correlaciones encontradas con la fracción lipídica que

deberían presentar una correlación negativa con las determinaciones relativas a la fracción acuosa.

IV – 2-4 – Determinación del pH

En la Tabla IV.4 se presentan los valores de pH encontrados en diferentes etapas de elaboración de los lomos procesados con las dos tecnologías. En la Fig IV.3 se puede observar la evolución del pH y los cambios sufridos a lo largo del proceso.

Aunque se observan diferencias significativas entre el pH del producto fresco y del producto final, el ligero descenso que experimenta este parámetro se produce en un intervalo estrecho de pH, entre 6,28 en fresco y 5,71 el lomo curado ahumado y 5,76 el lomo curado secado. Las dos tecnologías utilizadas muestran diferencias estadísticamente significativas en las etapas de ahumado y madurado y también en la primera fase de secado. Es preciso señalar que la caída de pH es más evidente en las primeras etapas de la tecnología de secado que en la tecnología de ahumado donde se produce un descenso del pH progresivo, pero más lento.

Ruiz (2005) observó en lomos curados un valor de pH de 6,03 un poco más elevado del que se ha encontrado en este trabajo. Al contrario de estudios realizados en jamón Ibérico, donde el pH se incrementa a lo largo del proceso de elaboración, como demostraron Córdoba y col (1991) y Martín (1996), y en jamón de cerdo blanco (Arnau y col, 1995), en este trabajo se observó un descenso de este parámetro a lo largo del procesado. Este descenso de pH también se ha observado en otros productos cárnicos muy diferentes del lomo como el Chorizo de cebolla Gallego (Salgado 2003).

Tabla IV.4: Evolución del pH los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	$6,28 \pm 0,41^b$	
Ad	7	$6,15 \pm 0,46^b$	$6,09 \pm 0,54^{ab}$
Ah/M	10	¹ $6,19 \pm 0,26^b$	² $5,86 \pm 0,31^{ab}$
S1	40	¹ $5,99 \pm 0,15^{ab}$	² $5,61 \pm 0,35^{ab}$
S2	75	$5,73 \pm 0,19^a$	$5,61 \pm 0,14^a$
Pf	150	$5,71 \pm 0,19^a$	$5,76 \pm 0,35^a$

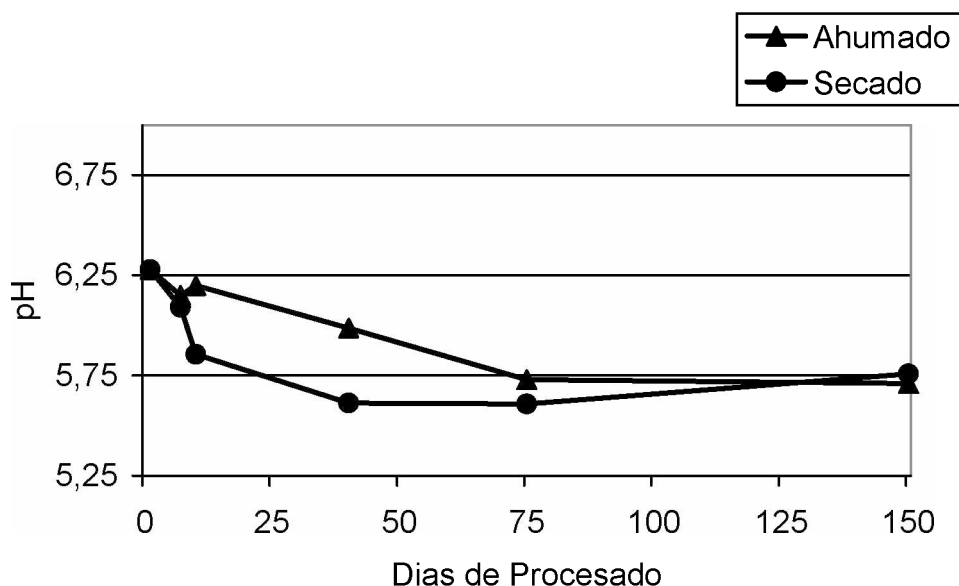


Figura IV.3: Evolución del pH de los lomos curados ahumados (Ah) y de los lomos curados secados (M) en las diferentes etapas de elaboración.

El pH de los embutidos madurados es muy variable y se encuentran, en la bibliografía, valores que oscilan entre 4,42 (Acton y Dick, 1976) en Lebanon Bologna y 6,07 (Graner y col 1983) en Salami.

Uno de los objetivos del estudio de pH, en conjunto con la actividad del agua y NaCl, nitratos y nitritos es evaluar la estabilidad de la pieza cárnica sin refrigeración y según los criterios de Leistner y Rödel (1976), el pH mayor que 5,0 debe ser acompañado de una a_w menor que 0,90 para garantizar la conservación, por lo tanto los valores del pH encontrados en este trabajo, por sí solos, no serían suficientes para impedir el desarrollo de microorganismos, pero junto con los valores de a_w favorecen la estabilidad de los lomos curados con las dos tecnologías estudiadas.

El pH se correlaciona con distintas variables como son: la fracción no proteica y algunos aminoácidos, el contenido en TBA y el porcentaje en C20:1, y con todos los parámetros de textura a excepción de la elasticidad. Otros autores como Arnau y col., (1998) y Guerrero y col., (1999) encontraron correlaciones del pH con otros parámetros como una menor dureza y mayor brillo, desmenuzabilidad, pastosidad y adhesividad en los jamones curados elaborados a partir de perniles con un pH alto. Mientras que Magraner y col., (2003) indican que un $\text{pH}_{\text{sm}24} < 5,6$ favorece una mayor actividad enzimática proteolítica, la cual está asociada con altos contenidos de NNP. Esta relación entre el pH y el índice de proteólisis en jamones curados también ha sido señalado por otros autores (Gil y col., 1989; Arnau y col., 1994; Schivazzapa y col., 2002; Garcia-Rey y col., 2004).

IV – 2-5 – Determinación de cenizas

En la Tabla IV.5 se expone el contenido en cenizas expresado en materia fresca a lo largo del proceso de elaboración en las dos tecnologías y en la Tabla IV.6 se expone este parámetro expresado en materia seca. Encontramos diferencias significativas a lo largo de todo el proceso de elaboración entre las dos tecnologías sean los valores expresados en materia fresca o seca, solamente en la primera etapa de secadero, cuando los valores son expresados en materia seca, esa diferencia no se observa entre las

tecnologías. Cuando hablamos de etapas es evidente que tratándose del adobo y salado el contenido inorgánico se incrementa, y se observa un aumento evidente del porcentaje de cenizas entre la etapa en fresco y la etapa de adobo, más evidente en el adobo por salmuera, donde la penetración de la sal es facilitada.

A partir de esta etapa el incremento de la cantidad de cenizas a lo largo de la maduración es notable, acentuándose en la etapa final de secadero. Se puede pensar que las diferencias significativas encontradas entre las etapas y entre las dos tecnologías con adobos diferentes son debidas a los fenómenos de penetración de la sal al interior de la pieza y que estos son más rápidos en el caso de los lomos ahumados salados en salmuera. Además posiblemente el agua de disolución de la salmuera presenta componentes minerales propios de su constitución que condicionan junto con las sustancias del humo una mayor cantidad de cenizas.

Córdoba (1990), ha encontrado valores de cenizas en jamón Ibérico ya curado en el músculo semimembranoso, de 5,49%, inferiores a los encontrados en este trabajo. León Crespo y col (1986) en diferentes tipos de jamones han encontrado valores más similares a los de este trabajo.

Las cenizas tienen una relación positiva con los nitritos y nitratos que a su vez se correlacionan positivamente entre si como seria de esperar debido a su carácter mineral. Las cenizas también se correlacionan (anexo) con la fracción nitrogenada, especialmente con el nitrógeno aminoácido, con algunos aminoácidos y también con el NBVT. Martín (1996) detectó una disminución de la actividad proteolítica como consecuencia de la acción de la sal, como ya sido citado por otros autores (Sárraga y col., 1989; Virgili y col., 1995) por lo tanto creemos que como las cenizas se correlacionan con la sal también presentan correlación con estos parámetros.

Tabla IV.5: Porcentaje de las cenizas, en materia fresca, de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración. Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	$1,06 \pm 0,22^a$	
Ad	7	$^{1}4,06 \pm 0,91^b$	$^{2}2,49 \pm 0,68^b$
Ah/M	10	$^{1}4,64 \pm 0,66^{bc}$	$^{2}2,66 \pm 0,43^b$
S1	40	$^{1}5,42 \pm 0,89^{cd}$	$^{2}4,07 \pm 0,75^c$
S2	75	$^{1}6,47 \pm 0,92^d$	$^{2}3,92 \pm 0,91^c$
Pf	150	$^{1}8,23 \pm 1,1^e$	$^{2}6,28 \pm 1,05^d$

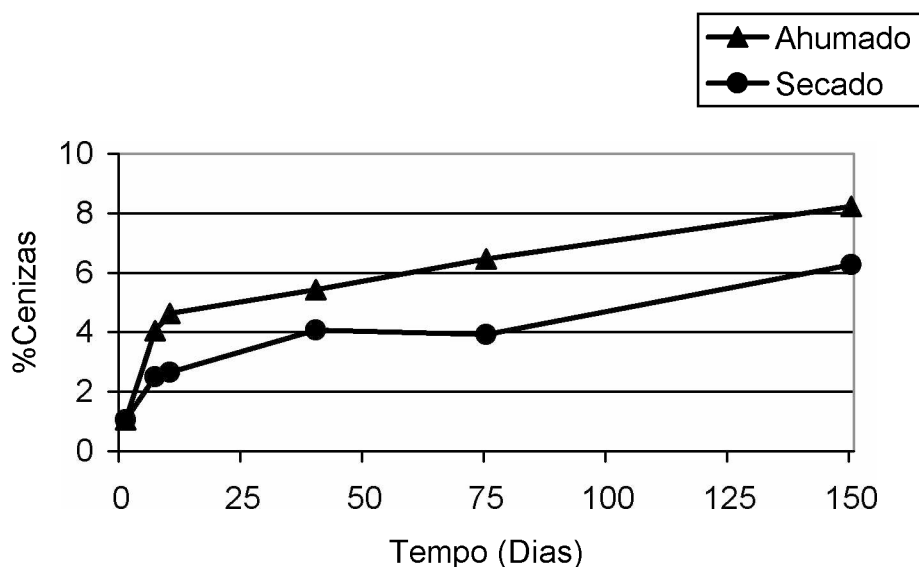


Figura IV.4: Evolución de las cenizas, en materia fresca, de los lomos curados ahumados (Ah) y de los lomos curados secados (M) en las diferentes etapas de elaboración.

Tabla IV.6: Porcentaje de las cenizas, en materia seca, de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración. Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	3,42 \pm 0,64 ^a	
Ad	7	¹ 13,48 \pm 3,26 ^b	² 8,43 \pm 2,04 ^b
Ah/M	10	¹ 14,05 \pm 1,84 ^b	² 7,87 \pm 1,80 ^b
S1	40	15,07 \pm 2,74 ^{bc}	12,56 \pm 3,48 ^{cd}
S2	75	¹ 15,93 \pm 1,78 ^{bc}	² 9,91 \pm 2,08 ^{bc}
Pf	150	¹ 17,39 \pm 2,71 ^c	² 12,86 \pm 1,54 ^d

IV – 2-6 – Determinación de cloruros

El comportamiento de la evolución del contenido en sal de los lomos se expresa en porcentaje de cloruro sódico en materia fresca (Tabla IV.7) y en porcentaje de cloruro sódico en materia seca (Tabla IV.8). Cuando expresamos los resultados en fresco, podemos observar diferencias estadísticamente significativas en las etapas de adobo, post-salado, inicio de secadero y producto final entre las dos tecnologías. Sin embargo, cuando se expresan los resultados en materia seca, solamente se observan diferencias significativas en el producto final. En lo que se refiere a las diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes etapas dentro de cada tecnología sólo se observan entre el inicio del procesado y lo producto final. Las diferencias pueden ser explicadas dentro de cada tecnología debido a los fenómenos de penetración de la sal al interior de la pieza, como en el caso de las cenizas, el hecho de encontrar valores mayores en los lomos ahumados a lo largo del procesado podría atribuirse a la composición del agua añadida en la salmuera.

Se observa una cantidad mayor de NaCl en los lomos procesados con ahumado que en los procesados por secado debido probablemente a la utilización de una salmuera en los primeros. Flores (2003) ha descrito, en jamones, que la absorción de sal es mayor en el salado con salmuera que en el salado tradicional con sal sólida. Este hecho ya ha sido observado en otros productos dado que el salado con sal sólida es más favorable a la deshidratación, mientras que el salado con salmuera favorece la entrada de sal, permitiendo una disolución libre en la periferia de las muestras, lo que implica una reducción de la presión interna y un incremento de la CRA favorecida por este incremento de sal. Este fenómeno depende de la concentración de sal en la fase líquida, y de la disolución parcial de las proteínas del músculo debida a las fuerzas de repulsión de los iones Cl^- ligados a la matriz proteica. Cuando esto ocurre, la matriz proteica se hincha y gana disolución externa, efecto que se incrementa con el tiempo (Flores, 2003).

El panel sensorial al evaluar estos lomos ha encontrado una mayor intensidad de sabor salado en los lomos ahumados que en los lomos desecados, lo que concuerda con los porcentajes de cloruros encontrados en este trabajo de 18,00% para los lomos ahumados y de 13,36% en los lomos desecados, expresados en materia seca, estos valores son considerablemente más altos que los encontrados por Ruiz (2005) en lomos curados secados (11,25%).

Las tendencias actuales van encaminadas a disminuir la sal, debido a su relación con problemas de salud como la hipertensión, siempre y cuando no se afecte la estabilidad del producto y se mantenga la palatabilidad agradable al consumidor. El control del pH y la a_w favorecen la estabilidad de las piezas cuando se reduce el contenido en sal.

Los cloruros presentan pocas correlaciones, entre las que se encuentran el contenido en nitrógeno aminoácido y algunos aminoácidos. Es difícil explicar esta correlación, pero podría atribuirse a que una mayor concentración de cloruros favorezca la extracción de los aminoácidos

Tabla IV.7: Evolución del porcentaje de cloruro sódico en materia fresca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	0,00 \pm 0,00	
Ad	7	¹ 5,45 \pm 0,08 ^b	² 5,29 \pm 0,04 ^{ab}
Ah/M	10	¹ 5,55 \pm 0,06 ^{bc}	² 5,38 \pm 0,04 ^{ab}
S1	40	¹ 5,62 \pm 0,08 ^{bc}	² 5,51 \pm 0,07 ^{ab}
S2	75	5,75 \pm 0,05 ^c	5,96 \pm 0,91 ^b
Pf	150	¹ 8,65 \pm 0,50 ^d	² 6,81 \pm 0,82 ^c

Tabla IV.8: Evolución del porcentaje de cloruro sódico en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	0,00 \pm 0,00	
Ad	7	18,02 \pm 1,72 ^c	18,04 \pm 1,08 ^c
Ah/M	10	16,81 \pm 0,82 ^{bc}	15,87 \pm 2,27 ^{abc}
S1	40	15,59 \pm 1,09 ^{ab}	16,66 \pm 3,06 ^{bc}
S2	75	14,22 \pm 1,18 ^a	15,09 \pm 1,85 ^{ab}
Pf	150	¹ 18,00 \pm 2,98 ^c	² 13,36 \pm 1,60 ^a

IV – 2-7 – Determinación de nitritos y nitratos

Las sales nitrificantes, nitritos y nitratos, presentan repercusiones de diferentes índoles en productos cárnicos.

La aplicación de nitritos y nitratos en la salazón, supone contenidos relativamente elevados en el adobo y se mantienen valores altos en el post-salado y al inicio de secadero. Durante el resto del procesado no se observan variaciones significativas en sus contenidos. El contenido en nitritos se mantiene en valores relativamente bajos durante toda maduración, aunque la cantidad en nitratos se mantiene alta durante todo el procesado, en las dos tecnologías. Es interesante señalar que en la tecnología que utilizo el ahumado los lomos presentan valores más altos, y estadísticamente diferentes de los secados. Este hecho podría ser explicado debido a que el adobo de los ahumados se realizó por salmuera y el de los secados con sal sólida favoreciéndose en el primer caso la penetración de estas sales.

Córdoba (1990) ha descrito que en jamones los valores de las sales nitrificantes encontrados en los músculos superficiales y profundos, fueron similares, por lo tanto, la difusión de estas sales es más rápida que la del cloruro sódico.

Al estudiar la dinámica de los nitratos, observamos que inmediatamente después del salazonado existen concentraciones relativamente altas en las fases de post-salado e inicio de secadero hasta su reducción a nitritos propiciada por la existencia de enzimas reductasas endógenas o de origen microbiano (producidas por Micrococaceas). Los valores de nitritos son muy bajos durante la maduración, lo que creemos que es debido no tanto a la reducción de la población microbiana sino al carácter reactivo de este compuesto, que por una parte da lugar a óxido nitroso que va reaccionar con la mioglobina para producir nitrosilmioglobina que aumenta durante la maduración de forma continua especialmente al inicio (Córdoba, 1990), y por otra parte puede unirse a proteínas y lípidos (Kubberod y col, 1974; Olsman, 1977; Cassens y col, 1979). El nitrito libre puede unirse a los grupos α -amino de los aminoácidos de las proteínas a través de reacciones de Van Slyke, en concreto a los grupos α -amino de la lisina, triptófano y tirosina (Kurosky y Hoffmann,

1972). Otra parte del nitrito se transforma en gas, óxido nítrico y también en nitratos (Antequera, 1990).

Posiblemente debido a su gran reactividad, el nitrito puede formar complejos con muchos componentes de la carne, especialmente con sustancias que tienen anillos porfirínicos, como la hemoglobina, catalasa, citocromos (Mirna y Hoffman, 1969; Frouin, 1976) que como son compuestos inestables, por descomposición darían lugar a la formación de ácido nítrico y nitrato (Noel y col, 1990) influyendo en la cantidad de nitrito residual.

Las cantidades excesivas de nitritos y nitratos residuales en el producto curado pueden tener consecuencias negativas para la salud del consumidor, las cantidades máximas permitidas de los mismos se han establecido en 250mg/Kg de nitratos residual (expresada como NaNO_3) y 150 mg/Kg de nitritos (expresada como NaNO_2) y 50 mg/Kg de nitritos residuales (Directiva 95/2/CE).

IV – 2-7-1 – Determinación de nitritos

El contenido de nitritos es bajo en las dos tecnologías Tabla IV.9 y IV.10 sin embargo en la etapa de salazonado se observan cantidades mayores en la tecnología con ahumado, posiblemente debido a que la salmuera permite una penetración más rápida, mientras que en la tecnología de secado hay una disminución en esta fase, observándose un pequeño incremento en post-salado poco significativo posiblemente debido a la gran magnitud de las desviaciones estándar (Fig IV.5), y seguidamente se ve una disminución, llegando a valores residuales. En la tecnología con secado hay un nuevo aumento poco significativo, probablemente debido a su amplia desviación estándar, seguido de un descenso al final de la maduración. Martins (1989) encontró valores de nitrito al inicio de 22,83 mg/Kg y a los 208 días de curado bajó hasta 1,42 mg/Kg, en “Salpicão de Vila Real” y Ruiz (1996) observó valores de 22,38 ppm en extracto seco a los 420 días de curado en jamón curado. Martín (1996) también en jamón curado, en el músculo semimembranoso, encontró valores de 0,18-0,46 ppm en materia seca a los 197 días de procesado y 0,15-0,17 ppm en materia seca a los 665 días de curado.

Tabla IV.9: Evolución de nitritos en los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en ppm (mg/Kg) de materia fresca.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	0.00 \pm 0,00	
Ad	7	¹ 57,27 \pm 23,36 ^c	² 0,37 \pm 0,28 ^a
Ah/M	10	¹ 14,30 \pm 3,72 ^b	² 0,96 \pm 0,48 ^b
S1	40	¹ 3,24 \pm 1,17 ^{ab}	² 0,31 \pm 0,33 ^a
S2	75	¹ 4,16 \pm 4,72 ^{ab}	² 0,55 \pm 0,27 ^{ab}
Pf	150	¹ 8,62 \pm 3,28 ^{ab}	² 0,39 \pm 0,46 ^a

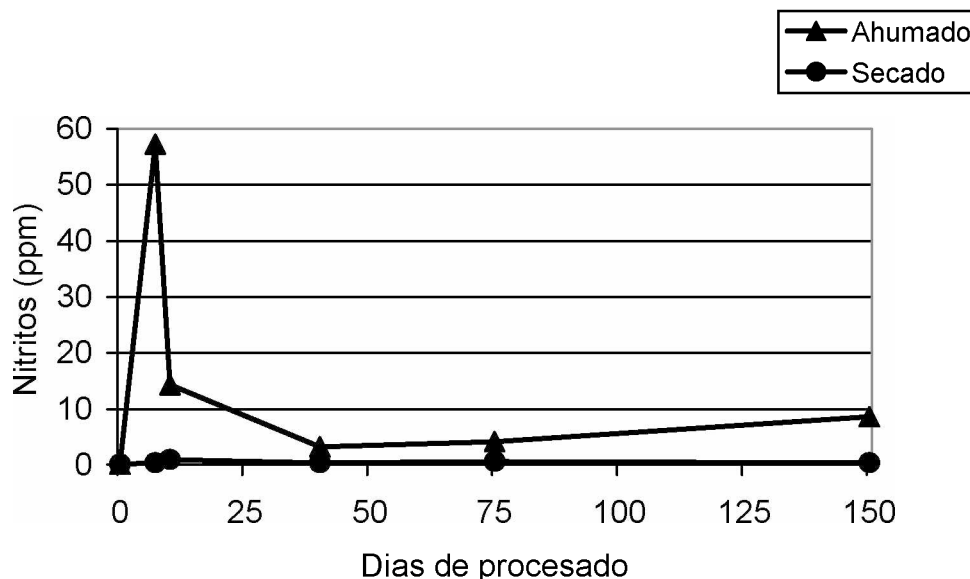


Figura IV.5: Evolución de los nitritos en materia fresca, en los lomos curados ahumados (Ah) y de los lomos curados secados (M) en las diferentes etapas de elaboración.

Tabla IV.10: Evolución de nitritos en materia seca, en los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en ppm (mg/Kg).

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	0,00 \pm 0,00	
Ad	7	¹ 106,43 \pm 75,24 ^b	² 1,05 \pm 1,01 ^a
Ah/M	10	¹ 38,33 \pm 9,60 ^a	² 1,61 \pm 1,65 ^a
S1	40	¹ 9,75 \pm 3,30 ^a	² 0,60 \pm 0,91 ^a
S2	75	16,63 \pm 14,19 ^a	2,31 \pm 2,74 ^a
Pf	150	¹ 16,78 \pm 9,73 ^a	² 0,54 \pm 0,95 ^a

IV – 2-7-2 – Determinación de nitratos

El contenido de nitratos es bajo en la tecnología de secado, pero en la tecnología con ahumado es significativamente más alto Tabla IV.11 y IV.12. En la etapa de salazonado se observan un incremento de los nitratos en la tecnología con ahumado, mientras que en la tecnología de secado los valores se mantienen siempre bajos a largo de todo el procesado, teniendo un pequeño incremento en las primeras fases de secadero presentando después un descenso paulatino, llegando a valores significativamente más bajos (Fig. IV.6.) En la tecnología con secado hay un descenso, no significativo al final de la maduración.

Ruiz (1996), observó en jamón curado valores de nitratos de 76,70 ppm a los 420 días de curado y de 21,60 ppm a los 600 días de curado expresados en extracto seco. Martín (1996) también encontró un incremento en el contenido en nitratos a lo largo de la maduración del jamón con valores de 71,07-73,31 ppm en materia seca en el músculo semimembranoso, a los 197

días de procesado y 81,09-70,28 ppm en materia seca a los 665 días de curado.

Tabla IV.11: Evolución de nitratos en los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en ppm (mg/Kg) de materia fresca.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	0,00 \pm 0,00 ^a	
Ad	7	¹ 124,40 \pm 25,86 ^{bc}	² 3,16 \pm 1,86 ^{ab}
Ah/M	10	¹ 194,68 \pm 49,59 ^{cd}	² 1,89 \pm 0,69 ^{ab}
S1	40	¹ 220,43 \pm 39,74 ^d	² 4,12 \pm 1,14 ^b
S2	75	¹ 165,19 \pm 84,96 ^{cd}	² 4,14 \pm 3,14 ^b
Pf	150	¹ 88,21 \pm 28,17 ^b	² 3,25 \pm 2,91 ^{ab}

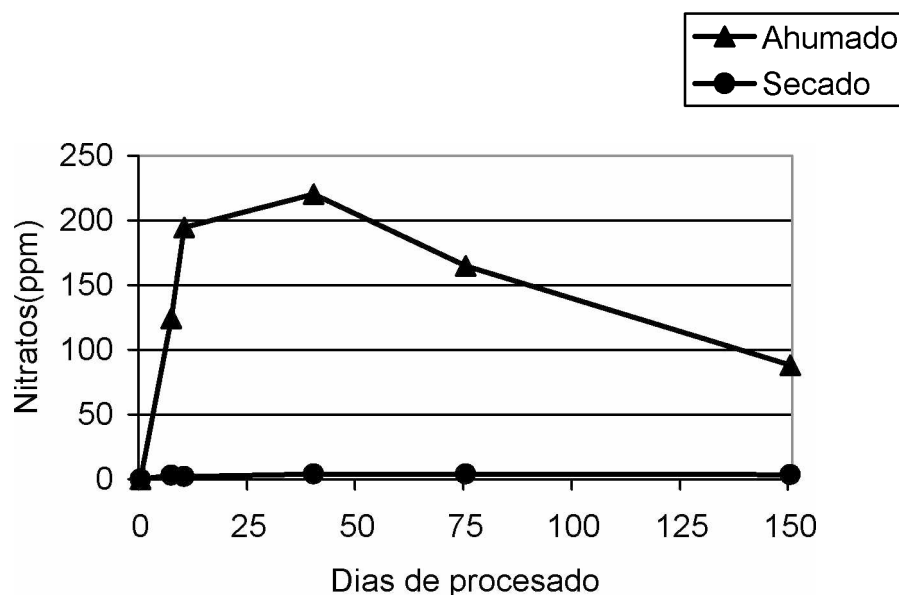


Figura IV.6: Evolución de los nitratos en materia fresca, en los lomos curados ahumados (Ah) y de los lomos curados secados (M) en las diferentes etapas de elaboración.

Tabla IV.12: Evolución de nitratos en materia seca en los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en ppm (mg/kg).

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	0.0 \pm 0,00 ^a	
Ad	7	¹ 496,07 \pm 137,33 ^b	² 13,71 \pm 12,73 ^a
Ah/M	10	¹ 580,63 \pm 107,40 ^a	² 5,04 \pm 5,89 ^a
S1	40	¹ 581,69 \pm 129,19 ^b	² 10,08 \pm 5,80 ^a
S2	75	¹ 425,22 \pm 147,42 ^a	² 22,05 \pm 24,16 ^a
Pf	150	¹ 176,30 \pm 47,27 ^a	² 6,71 \pm 7,05 ^a

Las sales nitrificantes además de correlacionarse entre ellas lo hacen con el NNP y NBVT y también con algunos aminoácidos. También se observan una correlación entre los nitritos y nitratos con el TBA y como era esperable, dada su acción, con los parámetros de la color como el C y H°. También se ha observado una relación entre los nitritos y los parámetros de textura (anexo).

IV – 3 Extracción y análisis de la fracción nitrogenada

En los productos cárnicos crudo-curados, durante la maduración, las proteínas sufren una serie de procesos degradativos que dan lugar a la liberación de diversos compuestos que tienen repercusiones en el pH, en el gusto y en el aroma del producto final.

Jurado (2005) concluyó en sus estudios sobre jamón Ibérico que, el tiempo de procesado influye de forma significativa en todas las fracciones de nitrógeno estudiadas (nitrógeno total, nitrógeno no proteico, nitrógeno

aminoacídico, nitrógeno peptídico, nitrógeno básico volátil). Aunque en los lomos el tiempo de procesado es menor, también se encuentran alteraciones más o menos significativas a lo largo del tiempo.

IV – 3-1 – Determinación de la proteína

La evolución del nitrógeno total, expresado en porcentaje de proteína total ($NT \times 6,25$) en materia fresca a lo largo de las etapas de elaboración se presenta en la Tabla IV.13. El incremento y las diferencias significativas observadas en las últimas etapas son esperables dado el grado de deshidratación que han adquirido las piezas. No ocurre lo mismo con las diferencias registradas entre las dos tecnologías de elaboración en el producto final puesto que los valores de nitrógeno total y de proteínas son considerablemente más altos en los lomos ahumados que en los secados. Esto no se puede explicar en base a posibles compuestos depositados en estos lomos, como consecuencia del tratamiento recibido, dado que en este caso las diferencias también deberían percibirse en etapas anteriores. Por lo tanto la única explicación factible es achacar estas diferencias a la variabilidad de las piezas. Esto se confirma cuando se expresa la proteína en materia seca, (Tabla IV.14 y Fig. IV.7) y se observa que las diferencias con significado estadístico aparecen entre las etapas sin ninguna tendencia concreta y manteniéndose las diferencias entre las dos tecnologías en el producto final.

Es de suponer que los valores referidos a extracto seco descienden con el tiempo como consecuencia de la absorción de sal en las primeras etapas, ya que la disminución de compuestos nitrogenados en el exudado no es suficiente para determinar cambios apreciables en el valor de la proteína total (Lawrie, 1977). En las fases iniciales del proceso, cuando el contenido en la sal es mayor en el músculo, el valor de proteína encontrado es menor, por estar favorecida a solubilización de las proteínas (Knight y Parsons, 1988).

Tabla IV.13: Evolución de la porcentaje de proteína en materia fresca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	19,75 \pm 1,95 ^a	
Ad	7	18,26 \pm 1,24 ^a	18,64 \pm 1,07 ^a
Ah/M	10	17,47 \pm 1,49 ^a	17,20 \pm 2,08 ^a
S1	40	21,26 \pm 3,34 ^a	19,15 \pm 1,42 ^a
S2	75	27,37 \pm 5,22 ^b	26,52 \pm 3,35 ^b
Pf	150	¹ 26,49 \pm 2,36 ^b	² 31,36 \pm 3,36 ^c

Tabla IV.14: Evolución del porcentaje de proteína en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	64,00 \pm 8,36 ^{bc}	
Ad	7	60,26 \pm 5,62 ^{abc}	63,55 \pm 3,94 ^{bc}
Ah/M	10	52,87 \pm 4,08 ^a	53,31 \pm 7,02 ^a
S1	40	58,74 \pm 7,83 ^{abc}	54,75 \pm 6,19 ^{ab}
S2	75	66,96 \pm 9,05 ^c	67,20 \pm 7,46 ^c
Pf	150	¹ 55,72 \pm 6,04 ^{ab}	² 64,88 \pm 8,55 ^c

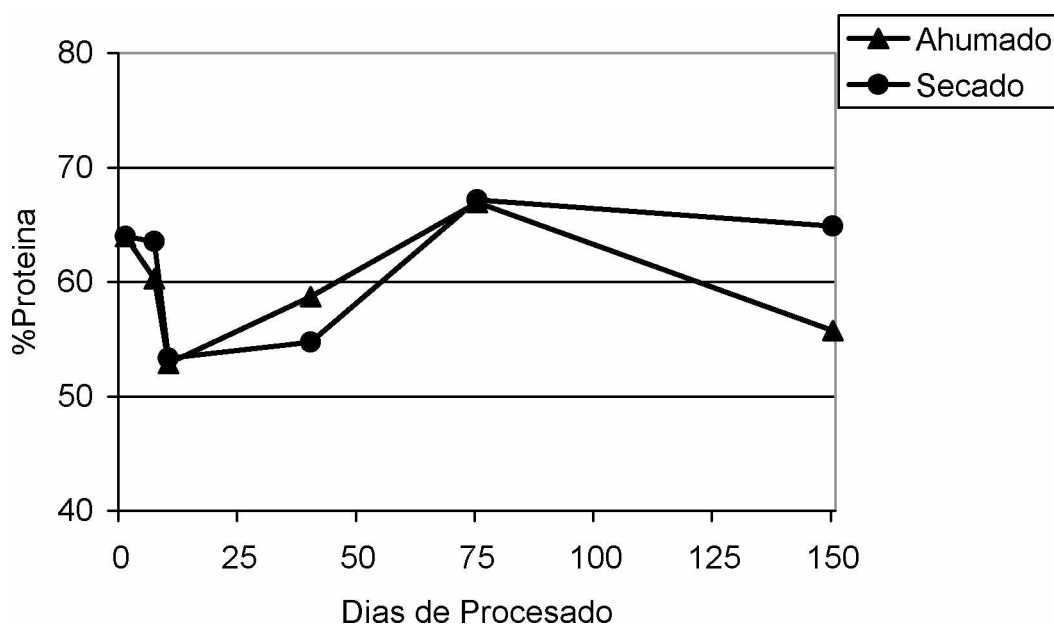


Figura IV.7: Evolución de la proteína en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.

IV – 3-2 – Determinación de las fracciones nitrogenadas no proteicas

Durante la maduración de los lomos se originan por proteolisis las diferentes fracciones nitrogenadas. La fracción más abundante que encontramos corresponde al nitrógeno aminoacídico, que presenta un incremento paralelo al nitrógeno no proteico a lo largo del procesado.

IV – 3-2-1 – Cuantificación del nitrógeno no proteico (NNP)

El nitrógeno no proteico (NNP) sufre un incremento progresivo y significativo a lo largo del proceso de elaboración, presentando valores iniciales en producto fresco, de 4,00mg/g (en materia fresca) y de 6,26 – 8,34mg/g en el producto final, en la tecnología con ahumado y con secado respectivamente (Tabla IV.15). Cuando se expresa en materia seca, se obtienen valores de

13,98mg/g en producto fresco y al final presenta valores de 15,77 – 19,92 mg/g en la tecnología con ahumado y con secado respectivamente, resultando este incremento más pronunciado el etapa de secadero, (Tabla IV.16 y Fig. IV.8).

Las dos tecnologías presentaron un comportamiento antagónico, con valores estadísticamente diferentes en la fase de adobo. Los lomos de la tecnología con ahumado experimentaron un descenso mientras que en la otra se produjo un incremento en esta fase, probablemente esta discrepancia se debe, a la utilización de salmuera debido a que el salado tradicional en seco contribuye al inicio más precoz de la proteolisis (Flores, 2003). Sin embargo en la etapa de post-salado las dos tecnologías presentan valores próximos y al contrario de la anterior, se ve un incremento en la tecnología de ahumado y un descenso en la otra. Al inicio de secadero de nuevo tienen un comportamiento contrario, y a partir de esta etapa las dos sufren un incremento que en el producto final se traduce en diferencias significativas entre las dos tecnologías. Según Ventanas y col. (2001) algunas combinaciones de temperatura y velocidad de penetración de sal, en la fase de post-salado, pueden originar proteolisis anómalas y como consecuencia valores mayores de NNP y texturas blandas. Esto puede ser una explicación para el comportamiento observado en las diferentes tecnologías de este estudio.

Los valores de nitrógeno no proteico encontrados por otros autores, en jamón Ibérico en el músculo semimembranoso han sido un poco más bajos en el producto fresco, del orden de 3,45 mg/g (materia seca) y bastante más elevado en producto final 24,34 mg/g (materia seca). Córdoba, (1990), Martín (1996) y Jurado (2005) también encontraron valores muy semejantes a estos, aunque no podemos olvidar que los lomos de nuestro trabajo tienen un tiempo más corto de maduración y están embutidos en la tripa.

Tabla IV.15: Evolución del nitrógeno no proteico en materia fresca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en mg/g.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	4,00 \pm 0,22 ^{ab}	
Ad	7	¹ 3,26 \pm 0,47 ^a	² 4,99 \pm 0,55 ^{ab}
Ah/M	10	4,59 \pm 0,37 ^a	4,47 \pm 0,51 ^{ab}
S1	40	4,85 \pm 0,60 ^b	5,69 \pm 0,81 ^{bc}
S2	75	6,22 \pm 0,64 ^c	6,65 \pm 0,35 ^c
Pf	150	¹ 6,26 \pm 1,31 ^c	² 8,34 \pm 1,25 ^d

Tabla IV.16: Evolución del nitrógeno no proteico en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en mg/g.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	13,98 \pm 2,03 ^{ab}	
Ad	7	¹ 10,65 \pm 1,82 ^a	² 16,46 \pm 2,72 ^{ab}
Ah/M	10	13,78 \pm 1,49 ^{ac}	14,14 \pm 1,94 ^a
S1	40	¹ 12,77 \pm 2,57 ^{ab}	² 17,44 \pm 1,08 ^{ab}
S2	75	15,36 \pm 2,19 ^b	17,70 \pm 1,43 ^{ab}
Pf	150	¹ 15,77 \pm 0,36 ^b	² 19,92 \pm 2,69 ^b

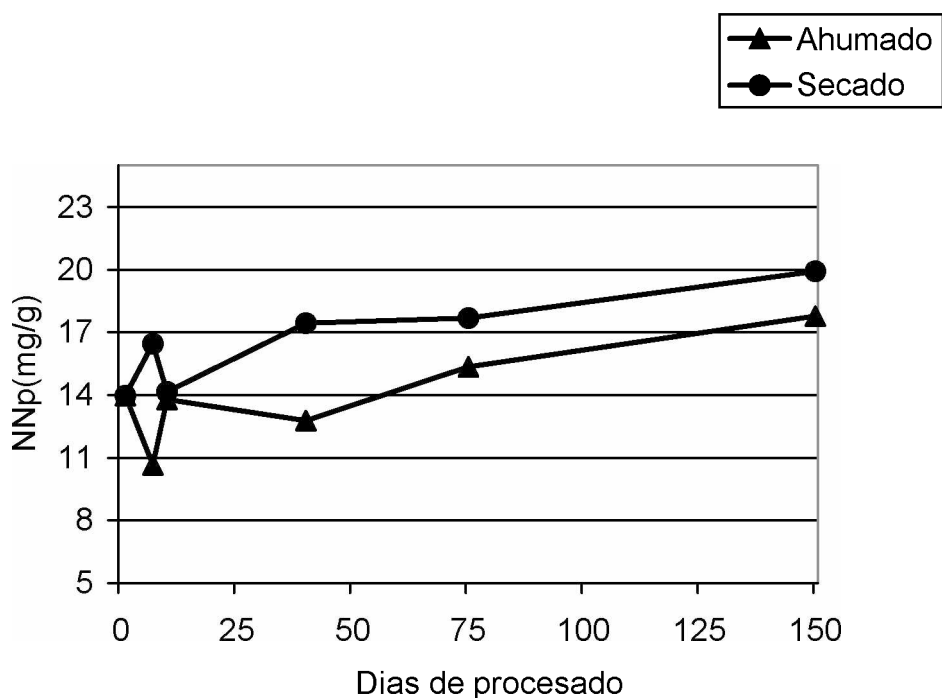


Figura IV.8: Evolución de nitrógeno no proteico en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.

IV – 3-2-2 – Cuantificación del nitrógeno aminoácido (Namin)

El nitrógeno aminoacídico, como era de esperar, se incrementó durante el procesado, aunque es preciso señalar que en la etapa de adobo en, la tecnología de ahumado, se observó un ligero descenso, incrementándose significativamente en la etapa de ahumado, probablemente debido a una estrecha relación entre el incremento de temperatura y la proteólisis (Jurado, 2005). En la tecnología de secado se observó un incremento significativo en la etapa de adobo, seguida de un descenso en el post-salado frío, en estas dos etapas se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre las dos tecnologías. Desde las etapas de secadero hasta el producto final los valores se incrementaron muy ligeramente en las dos tecnologías (Tabla IV.17 y IV.18).

El presente trabajo encontró valores de nitrógeno no proteico mayores que los de nitrógeno aminoacídico, como cabría esperar, solamente en la materia prima. La mayor abundancia de nitrógeno aminoacídico en las restantes etapas, evidentemente no puede ser real. Una posible explicación a este hecho es que los valores determinados pueden deberse a una reacción

cruzada, de los nitritos y nitratos, con el reactivo colorimétrico empleado en la determinación o a que el método de nitrógeno aminoacídico medido por espectrofotometría detecta también péptidos de bajo peso molecular, lo que contribuye, indebidamente, al incremento de esta fracción, ocasionando diferencias al respecto de la suma del total de aminoácidos libres como ha sido descrito por Lemieux y col (1990). Jurado (2005) también detecto algunos problemas con esta determinación y resultados inesperados en esta fracción.

Tabla IV.17: Evolución de la porcentaje de nitrógeno aminoacídico en materia fresca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en mg/g.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	3,21 \pm 1,04 ^a	
Ad	7	¹ 2,38 \pm 0,52 ^a	² 6,59 \pm 2,21 ^{ab}
Ah/M	10	7,14 \pm 1,51 ^b	6,00 \pm 2,30 ^{ab}
S1	40	9,61 \pm 2,70 ^b	11,73 \pm 0,76 ^{bc}
S2	75	¹ 9,83 \pm 3,47 ^b	² 9,16 \pm 5,72 ^d
Pf	150	14,39 \pm 2,73 ^c	15,19 \pm 3,58 ^{cd}

Tabla IV.18: Evolución del nitrógeno aminoacídico en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en mg/g.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	9,91 \pm 2,42 ^a	
Ad	7	¹ 7,79 \pm 2,07 ^a	² 19,13 \pm 5,37 ^{ab}
Ah/M	10	¹ 20,76 \pm 3,34 ^{ab}	² 12,29 \pm 2,77 ^{ab}
S1	40	20,51 \pm 7,24 ^{bc}	26,08 \pm 9,66 ^{ab}
S2	75	21,72 \pm 9,15 ^c	24,54 \pm 18,48 ^{ab}
Pf	150	21,22 \pm 5,78 ^{bc}	27,71 \pm 6,49 ^b

IV – 3-2-3 – Cuantificación del nitrógeno básico volátil total (NBVT)

Las cantidades de nitrógeno básico volátil dependen de las aminas volátiles, amoníaco y por lo tanto se relacionan con la degradación proteica que tiene lugar durante el tiempo de curado.

Las Tablas IV.19 y IV.20 y la Fig IV.9 muestran la evolución de los valores de NBVT a lo largo del procesado en ambas tecnologías. En la etapa de adobo y durante el tiempo de secadero y el producto final se registraron diferencias significativas entre las dos tecnologías.

Los valores presentan una disminución en la etapa de adobo en la tecnología de ahumado y un incremento, en la misma etapa, en la tecnología de secado, seguida de un incremento en la fase de ahumado en esta tecnología y un descenso en la etapa de post-salado frío, en la tecnología de secado. A partir de la etapa de secadero hasta el producto final se produce un incremento bastante considerable, presentando los productos finales diferencias significativas entre las dos tecnologías. Confrontando los valores

con los encontrados por Martín (1996) (0,79mg/g, bíceps femural y 1,09mg/g, semimembranoso) y Jurado (2005) (0,50 mg/g) en jamón curado Ibérico, Salgado (2003) (112mg/100g) en Chorizo de Cebolla, y Martins (1989) (141,4mg/100g) en Salpicão, se puede decir que los valores están dentro de los normales para este tipo de producto.

Tabla IV.19: Evolución del nitrógeno básico volátil total en materia fresca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en mg/100g.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	12,12 \pm 2,51 ^a	
Ad	7	¹ 8,97 \pm 1,94 ^a	² 16,85 \pm 4,99 ^a
Ah/M	10	¹ 12,83 \pm 2,23 ^a	² 17,43 \pm 5,86 ^a
S1	40	¹ 26,27 \pm 5,48 ^b	² 38,30 \pm 5,58 ^b
S2	75	¹ 36,91 \pm 9,89 ^c	² 65,23 \pm 9,58 ^c
Pf	150	¹ 51,62 \pm 11,15 ^d	² 85,48 \pm 20,24 ^d

Tabla IV.20: Evolución del nitrógeno básico volátil total en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en mg/100g.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	$39,79 \pm 10,38^a$	
Ad	7	¹ $29,40 \pm 5,24^a$	² $58,56 \pm 19,61^a$
Ah/M	10	$38,56 \pm 6,63^a$	$52,23 \pm 20,19^{abc}$
S1	40	¹ $72,42 \pm 12,84^b$	² $116,01 \pm 28,54^b$
S2	75	¹ $92,02 \pm 28,66^{bc}$	² $166,18 \pm 28,97^c$
Pf	150	¹ $109,99 \pm 29,45^c$	² $182,41 \pm 59,60^c$

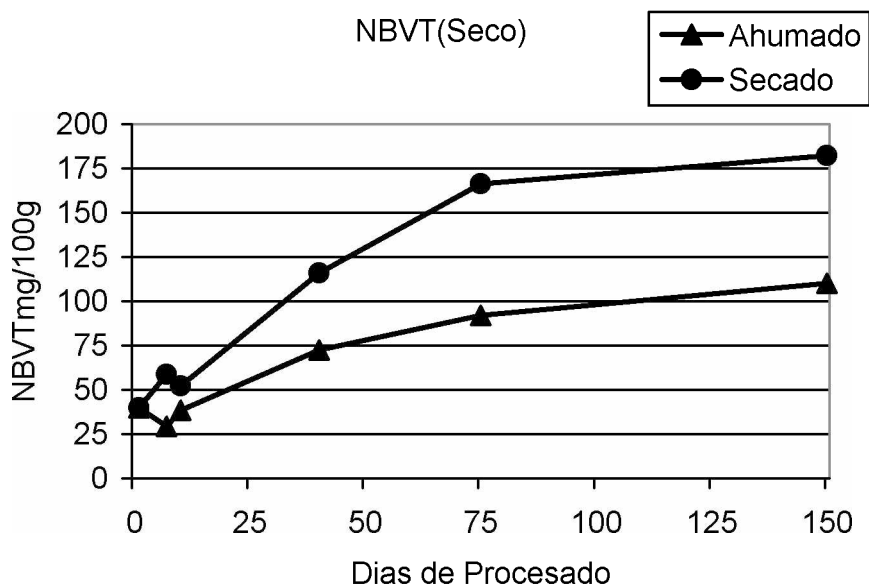


Figura IV.9: Evolución del nitrógeno básico volátil total en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.

IV – 3-3 – Análisis de aminoácidos libres

Los aminoácidos libres identificados en este trabajo mediante análisis por HPLC, han sido: ácido aspártico (Asp), ácido glutámico (Glu), serina (Ser), asparagina (Asn), glicina (Gly), glutamina (Gln), histidina (His), arginina (Arg), treonina (Thr), alanina (Ala), prolina (Pro), tirosina (Tyr), valina (Val), metionina (Met), isoleucina (Iso), leucina (Leu), fenilalanina (Phe), triptófano (Trp) y lisina (Lys). El cromatograma presentó 18 picos, siendo dos de ellos la coelución de dos aminoácidos [serina y asparagina (Ser-Asn) y glicina y glutamina (Gly-Gln)]. Además de los picos de los aminoácidos se identificó otro pico como amoníaco (Figura IV.10).

De los 20 aminoácidos descritos tras la hidrólisis total de las proteínas (Belitz y Grosch, 1992), no ha sido identificada la cisteína. Jurado (2005), Martín (2001), Flores y col (2000), Toldrá y col (2000), Ruiz y col (1999), Córdoba (1994a), Buscailhon y col (1994), Careri y col (1993), tampoco lo han identificado en jamón curado. Tampoco fueron identificados, en este trabajo, aminoácidos de origen no proteico como la ornitina y la taurina, ya identificados en jamón curado por otros autores (Buscailhon y col 1994; Toldrá y col, 2000).

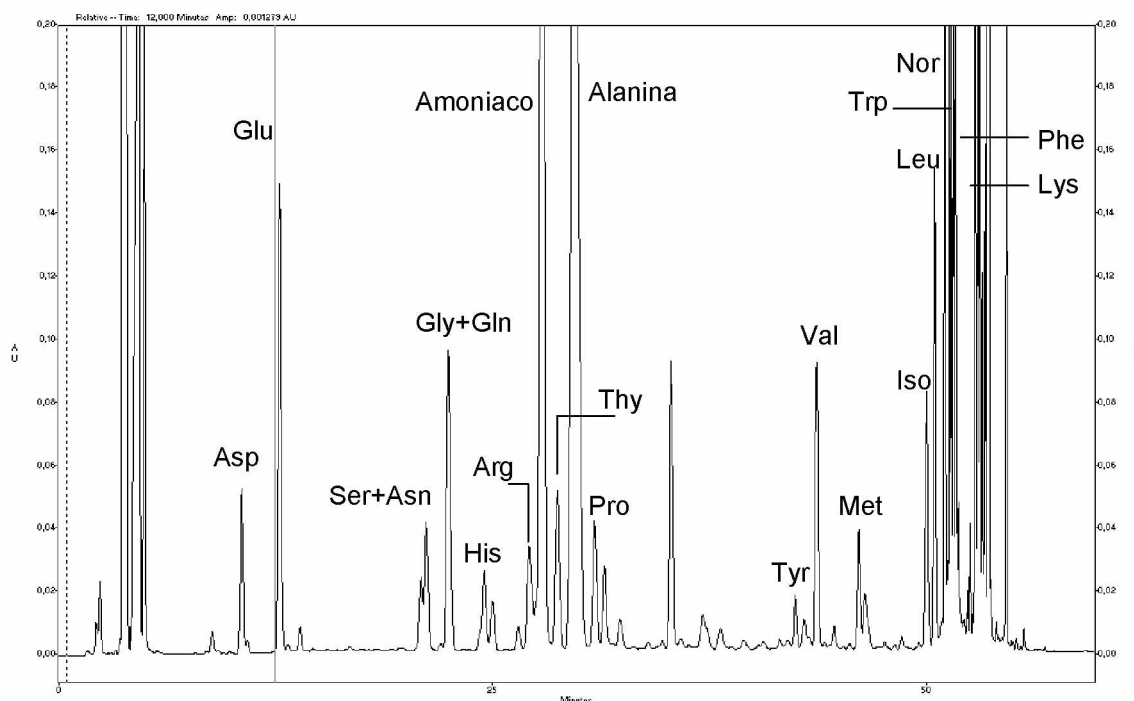


Figura IV.10: Cromatograma de aminoácidos libres obtenido mediante HPLC de los lomos curados secados.

Los niveles de aminoácidos en las dos tecnologías han sido similares, registrando diferencias estadísticamente significativas el ácido glutámico y la tirosina, en la etapa de adobo. El ácido glutámico presentó un incremento en la tecnología de secado y un descenso en la tecnología de ahumado, y la tirosina sufre un descenso en la tecnología de secado y un incremento en la tecnología de ahumado. Las mayores diferencias significativas se producen en la etapa de ahumado y en la etapa de secado en las respectivas tecnologías. La coelución serina/asparginina y la treonina sufren un incremento en las dos tecnologías, más pronunciado en la tecnología de ahumado, mientras que el ácido glutámico y la treonina presentan un incremento mayor en la tecnología de secado. La prolina y el triptofano sufren un incremento en la tecnología de ahumado y un descenso en la tecnología de secado.

Al inicio de secadero no se registran diferencias entre las dos tecnologías pero, a mitad de esta etapa se vuelven a observar diferencias significativas en la coelución serina/asparginina, incrementándose los valores en la tecnología de ahumado y descendiendo en la tecnología de secado, también en esta fase la alanina sufre un descenso en las dos tecnologías.

En el producto final, con 150 días de procesado, el conjunto serina/asparginina sufre un descenso en las dos tecnologías con diferencias estadísticamente significativas, También se observan diferencias significativas en la arginina, que sufre un descenso en la tecnología de ahumado y un incremento en la tecnología de secado. La isoleucina, la fenilalanina y el triptofano muestran diferencias significativas entre las dos tecnologías, en cuanto la isoleucina y el triptofano descienden en esta fase y la fenilalanina sufre un incremento en la tecnología de ahumado. Por el contrario en la tecnología de secado la isoleucina y triptofano sufren un incremento y la fenilalanina un descenso.

En la tecnología de ahumado, a largo del procesado, sufren un incremento estadísticamente significativo la treonina, la metionina y la leucina. En la tecnología de secado presenta un incremento significativo el ácido glutámico, la arginina y la leucina los restantes aminoácidos no sufren alteraciones significativas en las dos tecnologías.

La fenilalanina, la alanina, la treonina, prolina y leucina son los aminoácidos encontrados en mayor porcentaje en el producto final de los lomos

ahumados en cuanto a los lomos secados al final de la cura los aminoácidos con mayor porcentaje son la arginina seguida de la alanina, triptofano, treonina y prolina. Como se puede observar ambas tecnologías presentan bastante similitud en su contenido en aminoácidos libres.

El perfil de aminoácidos encontrado en los lomos curados en las dos tecnologías, (Tabla IV.21a y Tabla IV.21b) presenta también similitud con el perfil encontrado por otros autores, en jamón ibérico curado, (Jurado, 2005; Martín, 2001; Toldrá y col, 2000; Ruiz y col 1999; Córdoba, 1994a). Sin embargo es difícil hablar de semejanza en las concentraciones dado que el tiempo de cura de los dos productos es distinto, mucho más largo en los jamones que en los lomos, y también el procesado es diferente. Se puede indicar que los aminoácidos que estos autores han encontrado en mayor cantidad son la lisina, la alanina, el ácido glutámico seguido de la leucina, la arginina y el ácido aspártico, siendo algunos de ellos comunes a los encontrados en este trabajo.

Tabla IV.21a: Porcentaje de aminoácidos libres de los lomos ahumados.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre columnas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre filas. [Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado]

	Lomos Curados Ahumados					
	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	Pf
Asp	0,52 \pm 0,01 ^a	1,32 \pm 1,09 ^a	1,46 \pm 0,75 ^a	1,25 \pm 0,42 ^a	1,56 \pm 1,65 ^a	2,24 \pm 1,32 ^a
Glu	2,00 \pm 0,45 ^a	¹ 1,65 \pm 0,42 ^a	3,94 \pm 1,51 ^a	3,43 \pm 1,35 ^a	5,46 \pm 1,44 ^a	4,34 \pm 2,44 ^a
Ser-Asn	2,02 \pm 1,08 ^{ab}	1,56 \pm 0,96 ^a	¹ 3,61 \pm 0,93 ^{ab}	2,47 \pm 1,87 ^{ab}	¹ 4,37 \pm 1,11 ^b	¹ 3,29 \pm 0,99 ^{ab}
Gly-Gln	6,35 \pm 2,85 ^a	4,70 \pm 1,71 ^a	5,14 \pm 0,23 ^a	5,64 \pm 2,08 ^a	6,22 \pm 0,52 ^a	4,50 \pm 1,98 ^a
His	1,07 \pm 0,49 ^a	1,54 \pm 1,84 ^a	1,06 \pm 0,49 ^a	1,33 \pm 0,56 ^a	2,02 \pm 0,08 ^a	1,24 \pm 0,63 ^a
Arg	2,70 \pm 3,52 ^a	1,65 \pm 0,49 ^a	2,47 \pm 0,90 ^a	1,85 \pm 1,08 ^a	2,56 \pm 0,77 ^a	¹ 1,43 \pm 1,18 ^a
NH₃	27,04 \pm 7,04 ^{ab}	36,82 \pm 4,51 ^b	26,94 \pm 5,37 ^{ab}	21,34 \pm 4,47 ^a	19,18 \pm 2,42 ^a	16,59 \pm 7,24 ^a
Thr	1,53 \pm 0,35 ^a	1,21 \pm 0,31 ^a	¹ 2,39 \pm 0,64 ^{ab}	2,08 \pm 0,83 ^{ab}	2,64 \pm 0,05 ^{ab}	7,43 \pm 5,44 ^b
Ala	16,61 \pm 4,57 ^a	16,87 \pm 2,48 ^a	14,10 \pm 6,06 ^a	15,06 \pm 6,28 ^a	¹ 14,32 \pm 2,91 ^a	9,38 \pm 5,54 ^a
Pró	4,01 \pm 2,75 ^a	2,06 \pm 0,36 ^a	¹ 5,58 \pm 2,58 ^a	3,10 \pm 1,36 ^a	5,79 \pm 4,05 ^a	5,07 \pm 3,68 ^a
Tyr	0,62 \pm 0,17 ^a	¹ 0,86 \pm 0,15 ^a	1,01 \pm 0,30 ^a	1,48 \pm 1,96 ^a	1,14 \pm 0,75 ^a	0,66 \pm 0,55 ^a
Val	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^a	0,00 ^b	0,00 ^a
Met	0,46 \pm 0,18 ^a	0,72 \pm 0,17 ^{ab}	1,25 \pm 0,36 ^{bc}	1,32 \pm 0,48 ^{bc}	2,02 \pm 0,22 ^d	1,68 \pm 0,49 ^{cd}
Isso	0,94 \pm 0,33 ^a	1,04 \pm 0,60 ^a	2,18 \pm 0,43 ^{ab}	1,94 \pm 1,18 ^{ab}	2,68 \pm 0,19 ^b	¹ 1,96 \pm 0,45 ^{ab}
Leu	0,67 \pm 0,15 ^a	1,41 \pm 0,24 ^a	2,69 \pm 0,73 ^{ab}	2,76 \pm 1,86 ^{ab}	4,58 \pm 0,75 ^b	4,75 \pm 1,34 ^b
Nor	7,86 \pm 0,99 ^b	7,64 \pm 4,80 ^b	8,08 \pm 1,86 ^b	¹ 2,18 \pm 0,72 ^a	5,18 \pm 0,46 ^{ab}	3,34 \pm 1,18 ^{ab}
Phe	9,24 \pm 6,44 ^{ab}	7,68 \pm 8,32 ^{ab}	2,19 \pm 0,98 ^a	1,42 \pm 0,94 ^a	11,78 \pm 0,02 ^{ab}	¹ 14,76 \pm 3,83 ^b
Trp	0,65 \pm 0,43 ^a	4,72 \pm 5,39 ^{ab}	¹ 10,32 \pm 4,13 ^b	2,10 \pm 2,33 ^a	1,04 \pm 0,90 ^a	¹ 0,78 \pm 0,90 ^a
Lys	7,94 \pm 8,64 ^a	5,46 \pm 4,85 ^a	3,48 \pm 4,10 ^a	1,49 \pm 1,65 ^a	4,28 \pm 2,84 ^a	2,04 \pm 3,60 ^a

Tabla IV.21b: Porcentaje de aminoácidos libres de los lomos secados.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre columnas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre filas. [Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado]

	Lomos Curados Secados					
	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	Pf
Asp	0,52 \pm 0,01 ^a	1,21 \pm 0,30 ^a	1,74 \pm 1,29 ^a	1,53 \pm 0,81 ^a	1,22 \pm 0,85 ^a	1,36 \pm 0,63 ^a
Glu	2,00 \pm 0,45 ^a	² 3,95 \pm 0,84 ^{ab}	3,98 \pm 1,83 ^{ab}	5,27 \pm 1,45 ^{ab}	4,64 \pm 2,71 ^{ab}	5,68 \pm 0,72 ^b
Ser-Asn	2,02 \pm 1,08 ^{ab}	1,80 \pm 0,93 ^a	² 1,84 \pm 1,34 ^a	2,14 \pm 1,55 ^a	² 1,37 \pm 0,94 ^a	² 0,21 \pm 0,07 ^a
Gly-Gln	6,35 \pm 2,85 ^a	5,04 \pm 1,29 ^a	3,24 \pm 1,54 ^a	5,33 \pm 1,64 ^a	6,37 \pm 0,89 ^a	6,55 \pm 1,29 ^a
His	1,07 \pm 0,49 ^a	1,63 \pm 0,34 ^a	3,02 \pm 1,89 ^a	2,81 \pm 2,98 ^a	1,80 \pm 0,55 ^a	2,94 \pm 3,08 ^a
Arg	2,70 \pm 3,52 ^a	2,05 \pm 0,69 ^a	1,60 \pm 1,13 ^a	2,66 \pm 0,61 ^a	4,64 \pm 6,79 ^a	² 12,21 \pm 1,18 ^b
NH₃	27,04 \pm 7,04 ^{ab}	29,10 \pm 8,96 ^a	32,57 \pm 4,51 ^a	22,39 \pm 3,97 ^a	28,15 \pm 7,01 ^a	25,23 \pm 4,11 ^a
Thr	1,53 \pm 0,35 ^a	8,53 \pm 13,37 ^a	² 12,53 \pm 5,76 ^a	5,59 \pm 5,78 ^a	5,41 \pm 3,25 ^a	6,76 \pm 3,09 ^a
Ala	16,61 \pm 4,57 ^a	16,20 \pm 3,72 ^a	12,09 \pm 10,08 ^a	16,24 \pm 12,32 ^a	² 6,85 \pm 2,96 ^a	8,53 \pm 0,83 ^a
Pró	4,01 \pm 2,75 ^a	4,13 \pm 2,32 ^a	² 1,77 \pm 1,08 ^a	3,82 \pm 1,72 ^a	6,53 \pm 5,75 ^a	6,75 \pm 2,92 ^a
Tyr	0,62 \pm 0,17 ^a	² 0,36 \pm 0,26 ^a	0,58 \pm 0,88 ^a	0,65 \pm 0,18 ^a	0,63 \pm 0,26 ^a	0,43 \pm 0,06 ^a
Val	0,00 ^b	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Met	0,46 \pm 0,18 ^a	1,08 \pm 0,40 ^a	1,27 \pm 1,12 ^a	2,43 \pm 2,55 ^a	1,65 \pm 0,28 ^a	1,64 \pm 0,38 ^a
Isso	0,94 \pm 0,33 ^a	1,55 \pm 0,91 ^a	2,62 \pm 2,12 ^a	2,11 \pm 0,76 ^a	2,38 \pm 0,43 ^a	² 2,59 \pm 0,14 ^a
Leu	0,67 \pm 0,15 ^a	2,47 \pm 1,39 ^{ab}	3,63 \pm 3,05 ^{ab}	3,74 \pm 0,61 ^b	4,76 \pm 0,67 ^b	5,36 \pm 0,45 ^b
Nor	7,86 \pm 0,99 ^b	6,17 \pm 2,15 ^{ab}	6,89 \pm 4,09 ^{ab}	5,10 \pm 1,15 ^{ab}	4,36 \pm 0,79 ^{ab}	3,06 \pm 0,81 ^a
Phe	9,24 \pm 6,44 ^{ab}	2,84 \pm 0,20 ^a	6,43 \pm 3,78 ^a	9,37 \pm 8,02 ^a	9,80 \pm 4,55 ^a	² 2,75 \pm 0,27 ^a
Trp	0,65 \pm 0,43 ^a	3,18 \pm 0,14 ^a	² 1,53 \pm 1,69 ^a	7,77 \pm 7,39 ^a	2,64 \pm 2,31 ^a	² 6,94 \pm 1,84 ^a
Lys	7,94 \pm 8,64 ^a	6,14 \pm 2,83 ^a	4,42 \pm 5,74 ^a	2,03 \pm 2,72 ^a	3,34 \pm 5,23 ^a	0,59 \pm 0,19 ^a

La generación de aminoácidos libres mediante la proteólisis, durante el curado de estos productos, contribuirá al sabor si las concentraciones alcanzan los valores umbrales para su percepción (Kato y col 1989). Hay que tener en cuenta que dichos umbrales están determinados en soluciones acuosas y no sobre alimentos, por lo que podrían variar sustancialmente en los últimos.

En este trabajo, los aminoácidos que presentan sabor dulce (alanina, glicina, serina y treonina) disminuyeron ligeramente en el producto final, en las dos tecnologías, llegando a valores similares. A pesar de ello los catadores han evaluado los lomos secados como más dulces posiblemente debido a la mezcla de sabores.

Los aminoácidos que presentan sabor amargo (histidina, arginina, meteonina, leucina, isoleucina, fenilalanina, triptofano y tirosina) se van incrementando a lo largo del procesado, presentando mayores valores en el producto final, originando sabores amargos puntuados por los catadores, con valores superiores en los lomos secados (Fig IV.11).

Los aminoácidos de sabor ácido (ácido glutámico y ácido aspártico) sufren un incremento durante el procesado siendo este incremento más pronunciado en los lomos ahumados, aunque no se han observado diferencias significativas entre las dos tecnologías. Tanto por su bajo umbral como por sus especiales características sápidas, estos aminoácidos son especialmente importantes (Kato y col 1988). Ambos aminoácidos tienen sabor ácido y umami en su forma pura (Maga, 1994) y cuando están disociados son ácidos pero sus sales sódicas en solución dan un sabor umami más intenso (Nishimura y Kato, 1988; Birch, 1987). El sabor umami se ha definido como sabor a “caldo de carne”, agradable o sabroso.

Kato y col (1988), han observado un efecto sinérgico de la glicina, la alanina, la cisteína, la histidina, la meteonina, la prolina y la valina, con el glutamato monosódico, aumentando los sabores umami, con lo que se acentuaría aún más el efecto del glutámico sobre el sabor (Fig IV.13).

En este trabajo no se ha encontrado la influencia de los aminoácidos libres en el sabor salado así como Jurado (2005) tampoco ha encontrado esta relación en jamón curado. Careri y col (1993) encontró una relación estrecha entre el ácido glutámico y aspártico libre y el sabor salado. En este trabajo los catadores han identificado los lomos ahumados como más salados y puesto

que no se registran diferencias significativas este sabor se debe únicamente a los sales de curado, cloruro sódico y sales nitrificantes.

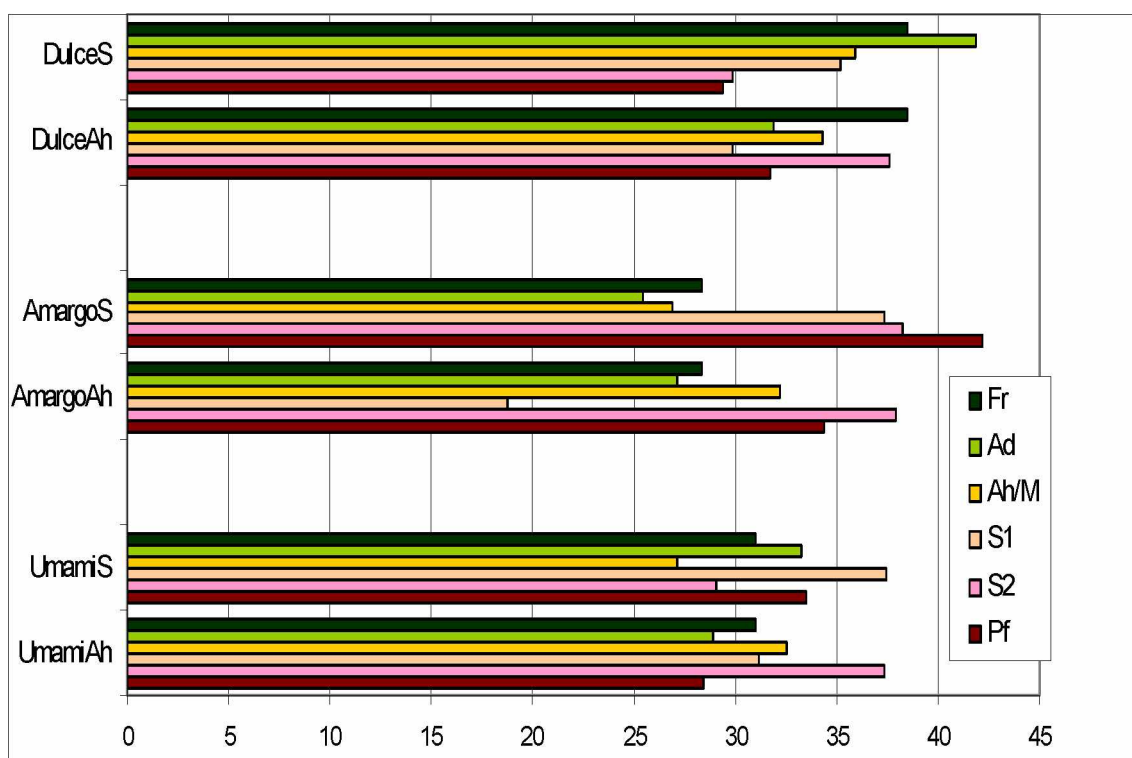


Figura IV.11: Suma de aminoácidos implicados en los grupos de sabores.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. S (secado), Ah (ahumado).

La matriz de correlación reflejada en el anexo muestra que el contenido en proteína se correlaciona con el NNP, NBVT y la concentración de glicina/glutamina. El NNP es un parámetro que presenta una correlación con todos los parámetros de la fracción no proteica y aminoacídica, lo mismo que el nitrógeno aminoacídico y el NBVT como era esperable.

Los aminoácidos presentan correlaciones entre si en especial la prolina metionina, isoleucina y leucina. El amoniaco detectado se correlaciona con los parámetros no proteicos y con algunos aminoácidos.

Analizando estos parámetros, observamos que la proteína y el NNP se correlacionan con los parámetros de color, b^* , C y H^0 esencialmente. En cuanto al nitrógeno aminoacídico se correlaciona con los parámetros de la textura y el NBVT presenta correlación con los parámetros de color C y H^0 y de textura. Lo mismo que los anteriores componentes nitrogenados, también los

aminoácidos presentan correlación con algunos parámetros de color y de textura.

La textura presenta correlación con la fracción nitrogenada durante el procesado de los lomos debido a que su estructura muscular se va degradando por procesos de solubilización, desnaturalización y proteolisis, haciendo que pierda la elasticidad y provocando una cierta pérdida de cohesividad. Idénticos resultados se han obtenido para el caso de la masticabilidad, lo que es evidente dado que esta se calcula como el producto de la dureza por la cohesividad y la elasticidad, lo que ha sido constatado por Ordóñez, (2001)

IV – 4 Extracción y análisis de la fracción lipídica

El lomo ibérico curado se diferencia de otros lomos curados debido a características propias de esta raza de cerdo y una de ellas es la cantidad de grasa intramuscular que posee, debido a que procede de una raza altamente adipogénica y de cerdos sacrificados a un peso elevado. La fracción lipídica es muy variable en la canal, presentando porcentajes de grasa distintos de un músculo a otro (Antequera, 1990), y totalmente dependiente de la alimentación (Ordóñez y la Hoz, 1992; Cava y col, 1996) y del cruce racial (Antequera y col, 1994). El elevado contenido de grasa intramuscular que posee la raza de cerdos ibéricos se considera un factor de calidad en la elaboración y la aceptación sensorial de productos como el lomo curado, el jamón y la paleta ibérica, lo que puede entenderse dado que la mayoría de los compuestos volátiles, responsables del aroma, proceden de los lípidos.

Los trabajos anteriores en jamón ibérico y lomo ibérico muestran una gran variabilidad entre los valores encontrados en el porcentaje de grasa intramuscular. Carrapiso (2002) ha hecho una revisión en este asunto y apunta alguna de las posibles causas de esta variabilidad:

- 1- El procedimiento de toma de muestras plantea alguna dificultad de retirar grasa intermuscular y subcutánea, cuantificando estas porciones como grasa intramuscular.
- 2- La heterogeneidad de la pieza, con diferentes contenidos de grasa dentro del mismo músculo (Fig. IV.12)

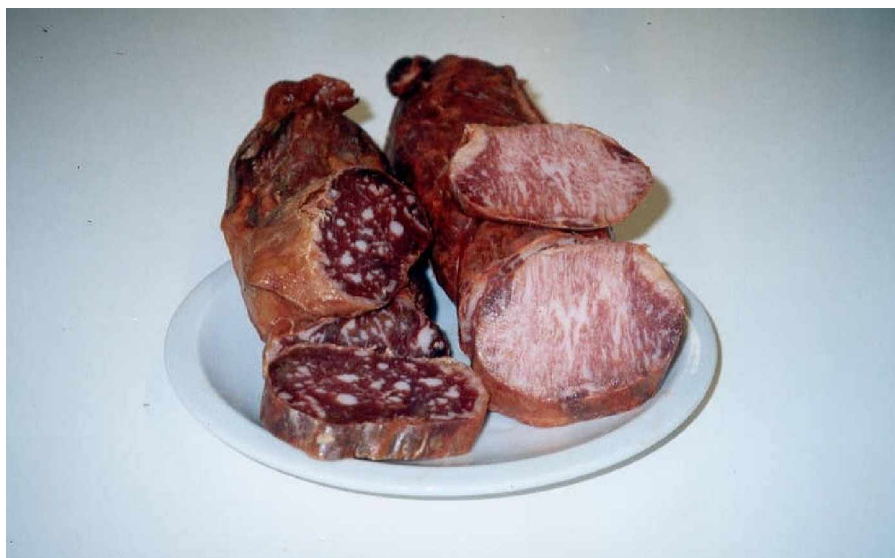


Figura IV.12: Aspecto veteado de los lomos con grasa infiltrada.

- 3- La abundancia o escasez de recursos naturales (fluctuaciones entre distintas campañas de montanera) utilizados por los cerdos, que condicionan la composición de la canal.
- 4- La edad de los animales al sacrificio.

IV – 4-1 – Extracción de los lípidos

Los datos del porcentaje de grasa intramuscular determinados en este trabajo muestran una variabilidad importante (Tabla IV.22 y Tabla IV.23) y no muestran diferencias significativas, ni entre las dos tecnologías, ni entre las diferentes tomas de muestras a lo largo de la elaboración, probablemente porque la propia variabilidad impide que se pueda apreciar las diferencias en el caso de que las haya. A pesar de esto, se ha observado una tendencia a que el contenido lipídico (en materia seca) disminuya en el producto final, asociándose estos cambios a fenómenos de oxidación (Andrés, 2002; Muriel, 2003). Aunque también podrían deberse a una mayor dificultad para extraer los lípidos debido a los cambios en la matriz proteica de las muestras (Jurado, 2005).

Los resultados obtenidos en nuestro trabajo presentan valores de grasa más elevados en producto fresco 41,98%, que en producto final, 29,36% y 32,71% en ahumado y seco respectivamente, expresados en materia seca, pero, probablemente debido a las amplias desviaciones estándar, no hay

diferencias significativas. Esta gran variabilidad del contenido en grasa puede achacarse a la heterogeneidad de las piezas como se observa en la Fig. IV.12 que dificulta sobremanera una toma de muestras equiparable. Los valores observados son más elevados que los encontrados en otros trabajos, como los de Muriel (2003) que obtiene valores de 10,22 g/100g, 9,39 g/100g, 7,85 g/100g y 6,77 g/100g en lomos Ibéricos curados, de diferentes estirpes de cerdos. Martín (1996) encontró en jamón, valores de 21,18%, 20,49% en el músculo bíceps femoral y de 12,85% y 15,95% en el músculo semimembranoso y Antequera (1990), en jamón, encontró valores de 24,67% y 16,62% en músculo bíceps y semimembranoso, respectivamente. También Huertas (1990) en jamón ibérico, determino valores de 31% y 20,05%, respectivamente, en los mismos músculos. También es preciso señalar que la grasa ha sido extraída por métodos diferentes, Muriel (2003) obtuvo la grasa por el método de Bligt y Dyer (1959), en cuanto a Martín (1996) y Antequera (1990), han determinado la grasa según el método de Folch (1957) y en este trabajo se ha utilizado el método de Soxhlet, lo que podría ser una de las causas de los valores tan distintos encontrados en los diferentes trabajos.

Tabla IV.22: Evolución del porcentaje de grasa libre en materia fresca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	13,15 \pm 6,73 ^a	
Ad	7	7,31 \pm 4,96 ^a	4,90 \pm 3,49 ^a
Ah/M	10	7,61 \pm 4,86 ^a	14,39 \pm 14,12 ^a
S1	40	¹ 8,07 \pm 4,98 ^a	² 16,13 \pm 9,11 ^a
S2	75	10,53 \pm 2,30 ^a	15,00 \pm 9,48 ^a
Pf	150	13,87 \pm 4,02 ^a	15,90 \pm 4,65 ^a

Tabla IV.23: Evolución del porcentaje de grasa libre en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	41,98 \pm 21,06 ^a	
Ad	7	25,32 \pm 13,39 ^a	18,81 \pm 9,52 ^a
Ah/M	10	22,92 \pm 14,55 ^a	23,78 \pm 6,03 ^a
S1	40	24,56 \pm 11,98 ^a	31,68 \pm 11,40 ^a
S2	75	26,12 \pm 7,73 ^a	33,17 \pm 19,29 ^a
Pf	150	29,36 \pm 8,31 ^a	32,71 \pm 8,35 ^a

El porcentaje de grasa presenta correlación con algunos ácidos grasos como el C16, C18:1, C18:2, C18:3 y C20:1 como sería de esperar, especialmente en los mayoritarios.

IV – 4-2 – Determinación del índice de ácido tiobarbitúrico (TBA)

La determinación del índice de TBA, para evaluar la oxidación de los lomos ibéricos y correlacionar estos datos con la posible rancidez, presentó valores significativamente diferentes entre las dos tecnologías, y no presentó diferencias significativas entre las distintas etapas de procesado, de una misma tecnología salvo al inicio de secadero en la tecnología de secado en que se registraron valores significativamente diferentes (Tabla IV.24 y IV.25).

Los valores de TBA encontrados en este trabajo demuestran la influencia antioxidante del humo (Zumalacárregui y Díez, 2001) (Fig.IV15) y de las especias del adobo como el ajo y el efecto prooxidante del pimentón (Aguirrezábal y col, 2000) sin olvidar la acción del cloruro sódico y el hierro de

la mioglobina (Córdoba, 1990). Podemos observar valores de 0,77 $\mu\text{gMDA/g}$ de muestra de lomo fresco, bastante más bajos a los encontrados por Hernández, (1998), de 0,019 mgMDA/Kg y dentro de los valores determinados en jamón ibérico fresco, en el músculo semimembranoso de 0,26 $\mu\text{gMDA/g}$ y el músculo bíceps de 1,30 $\mu\text{gMDA/g}$ (Ferro Palma, 1997). En la fase de adobo se observó un ligero descenso (0,72 $\mu\text{gMDA/g}$) en los lomos que van al ahumado y un incremento (1,57 $\mu\text{gMDA/g}$) para los lomos elaborados en cámara de secado. En la tecnología de ahumado este descenso se acentúa hasta el producto final, con un valor de 0,51 $\mu\text{gMDA/g}$. En la tecnología de secado, al contrario, los valores se van incrementando hasta el valor de 2,33 $\mu\text{gMDA/g}$. Muriel (2003) encontró valores de TBA de 0,83 a 1,29 mgMDA/Kg , Hernández (1998) valores de 0,19 mgMDA/Kg en lomo ibérico curado, Sárraga y col., (2002) describieron en lomo curado de cerdo blanco valores de 2,08 $\mu\text{gMDA/g}$ de muestra. Ruiz (1996) determinó valores situados entre 0,47 y 1,05 mgMDA/Kg en jamón ibérico con 600 y 420 días de procesado respectivamente, Ferro Palma (1997) en jamón ibérico con 665 días de procesado, en el músculo semimembranoso de 1,50 $\mu\text{gMDA/g}$ y el músculo bíceps de 2,00 $\mu\text{gMDA/g}$ de muestra. Petrón (2002), describió valores de 0,6-1 mgMDA/Kg de muestra en jamón ibérico y Andrés y col (2003) e Isabel y col (1999) por su parte, obtuvieron índices de TBA alrededor de 0,5 mgMDA/Kg de muestra en jamón de cerdo blanco. En chorizo Domínguez y Zumalacárregui (1991) obtuvieron valores de TBA inferiores a 0,64 mgMDA/Kg de muestra.

La variabilidad presentada por este índice puede deberse a que los distintos autores citados, utilizaron diferentes métodos de extracción del malonaldehído, extracción acuosa y destilación, métodos entre los cuales el grado de extracción del malonaldehído varía significativamente (Raharjo y Sofos, 1993).

El análisis sensorial mostró en las evaluaciones realizadas por el panel de jueces entrenados que las puntuaciones de rancidez, para la tecnología de ahumado presentaron valores medios de 1,27 y para la tecnología de secado valores medios de 1,92, lo que parece corroborar los datos de oxidación obtenidos a través de los valores del índice de TBA. Otros autores alcanzaron valores de puntuaciones de rancidez en análisis sensorial similares, en jamón ibérico de 2-2,5 (Ruiz y col, 1998), 1,60-1,94 (Cava y col., 2000), 1,44-1,21

(Andrés, 2002), 1,57-2,21 (Carrapiso y col., 2003) y 1,35-1,43 (Jurado y col., 2003).

Bertelsen y col. (2000) establecieron en carne precocinada un umbral de detección de flavor “oxidado” de 0,5-1 mg MDA/kg para un panel experimentado y de 0,6 a 2 mg MDA/kg para un panel no experimentado. Según Lopez-Bote y col. (1999), en carne fresca, un valor inferior a 0,5 corresponde a carne de una calidad óptima, entre 0,5 – 1 (como máximo 1,5) afecta negativamente la calidad de los productos cárnicos, y de 2 mg MDA/kg afecta negativamente la calidad para el consumo en fresco. Sin embargo estos autores señalan que la medida es muy heterogénea y varía notablemente entre laboratorios y entre ensayos, por lo que las comparaciones son poco útiles.

El TBA presenta correlación con los parámetros del color, lo que se comprende debido a las alteraciones que la rancidez imprime en las grasas y también al hierro de la mioglobina (Córdoba, 1990). La correlación con el pH, se justifica con el estado de rancidez que presenta más acidez, debidos a los ácidos grasos libres formados. Al revés de otros autores el TBA no presenta correlación con el cloruro sódico pero sí correlación con los sales nitrificantes.

La fracción nitrogenada no proteica (NNP, Nami, NBVT) se correlacionan con el TBA, lo que podemos pensar que las alteraciones de las grasas se correlacionan con los compuestos de la proteólisis (Anexo).

Estas correlaciones probablemente, son debidas a una coincidencia en el tiempo de los procesos de degradación de lípidos y proteínas, más que a una relación real entre los parámetros lípidicos y proteicos.

Tabla IV.24: Evolución del índice de TBA en materia fresca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en μg malonaldehído (MDA/g).

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	0,77 \pm 0,45 ^a	
Ad	7	¹ 0,72 \pm 0,42 ^a	² 1,57 \pm 0,73 ^a
Ah/M	10	¹ 0,33 \pm 0,08 ^a	² 1,93 \pm 0,78 ^a
S1	40	¹ 0,40 \pm 0,07 ^a	² 5,14 \pm 2,81 ^b
S2	75	¹ 0,53 \pm 0,26 ^a	² 2,56 \pm 0,84 ^a
Pf	150	¹ 0,51 \pm 0,19 ^a	² 2,33 \pm 1,06 ^a

Tabla IV.25: Evolución del índice de TBA en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración expresado en μg malonaldehído (MDA/g).

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre filas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre columnas.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado.

Etapas	Días de procesado	Lomos Curados Ahumados	Lomos Curados Secados
Fr	0	1,85 \pm 0,93 ^a	
Ad	7	¹ 1,92 \pm 1,06 ^a	² 4,62 \pm 2,61 ^{ab}
Ah/M	10	¹ 1,01 \pm 0,24 ^a	² 4,76 \pm 1,33 ^{ab}
S1	40	¹ 1,11 \pm 0,25 ^a	² 9,51 \pm 6,33 ^b
S2	75	¹ 1,34 \pm 0,58 ^a	² 6,49 \pm 1,73 ^{ab}
Pf	150	¹ 0,97 \pm 0,48 ^a	² 5,58 \pm 2,01 ^{ab}

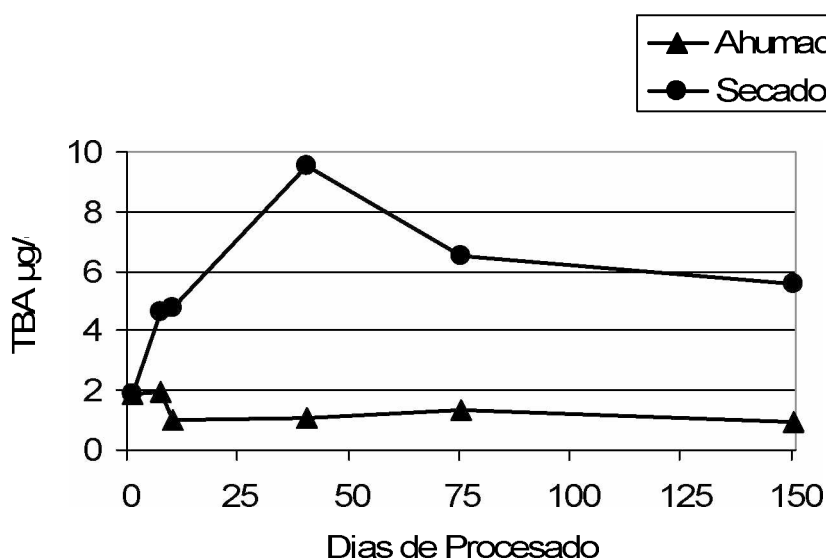


Figura IV.13: Evolución del índice de TBA en materia seca de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados en las diferentes etapas de elaboración.

IV – 4-3 – Determinación de ácidos grasos totales de la grasa intramuscular

Los resultados han sido estudiados, observando los cambios de esta fracción a lo largo de la elaboración de los lomos curados en las dos tecnologías de ahumado y secado.

La grasa ha sido obtenida a través del método de Rule (1997) que utiliza una transesterificación directa del músculo liofilizado, lo que según los autores, permite obtener la grasa con menos interferencias y pérdidas.

En la Tabla IV.26 se expone el contenido en porcentaje de los ácidos grasos totales encontrado en los lomos, y se puede observar que no se registraron diferencias significativas entre las dos tecnologías de elaboración, ni entre las diferentes etapas de elaboración estudiadas en las dos tecnologías. Como habíamos visto en lo apartado IV.4 la variabilidad del contenido en grasa es grande lo que también se percibe en los diferentes ácidos grasos cuando se observan sus desviaciones.

Tabla IV.26: Porcentaje de ácidos grasos totales de la grasa intramuscular de los lomos.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre columnas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre filas. [Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado]

	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	Pf
Lomos Curados Ahumados						
C 14	1,10 \pm 0,21 ^a	1,18 \pm 0,11 ^a	0,94 \pm 0,43 ^a	1,16 \pm 0,23 ^a	1,06 \pm 0,07 ^a	1,15 \pm 0,12 ^a
C16	18,35 \pm 3,22 ^a	20,55 \pm 2,13 ^a	20,30 \pm 1,82 ^a	20,27 \pm 2,07 ^a	19,23 \pm 1,93 ^a	21,07 \pm 2,08 ^a
C16:1	3,85 \pm 1,24 ^a	3,97 \pm 0,58 ^a	3,69 \pm 0,46 ^a	3,75 \pm 0,83 ^a	4,56 \pm 0,58 ^a	4,12 \pm 0,82 ^a
C17	0,21 \pm 0,06 ^a	0,14 \pm 0,03 ^a	0,16 \pm 0,03 ^a	0,38 \pm 0,65 ^a	0,16 \pm 0,04 ^a	0,19 \pm 0,12 ^a
C17:1	0,23 \pm 0,06 ^a	0,20 \pm 0,04 ^a	0,17 \pm 0,02 ^a	0,19 \pm 0,04 ^a	0,25 \pm 0,07 ^a	0,19 \pm 0,05 ^a
C18	11,60 \pm 2,04 ^a	11,80 \pm 0,99 ^a	12,35 \pm 1,35 ^a	11,46 \pm 1,19 ^a	10,39 \pm 1,48 ^a	12,21 \pm 1,62 ^a
C18:1	49,69 \pm 3,07 ^a	52,52 \pm 1,18 ^{ab}	50,40 \pm 5,25 ^{ab}	49,96 \pm 3,25 ^{ab}	55,12 \pm 4,07 ^b	52,10 \pm 1,84 ^{ab}
C18:2	11,24 \pm 5,22 ^a	7,45 \pm 2,80 ^a	8,95 \pm 5,26 ^a	9,90 \pm 3,74 ^a	7,16 \pm 2,81 ^a	6,71 \pm 3,42 ^a
C18:3	0,43 \pm 0,17 ^b	0,29 \pm 0,06 ^{ab}	0,29 \pm 0,15 ^{ab}	0,35 \pm 0,09 ^{ab}	0,22 \pm 0,06 ^a	0,25 \pm 0,15 ^{ab}
C20:1	1,24 \pm 0,56 ^a	0,88 \pm 0,32 ^a	0,97 \pm 0,15 ^a	0,90 \pm 0,16 ^a	0,92 \pm 0,18 ^a	0,95 \pm 0,22 ^a
C20:4	2,07 \pm 1,65 ^a	1,05 \pm 0,83 ^a	1,76 \pm 1,96 ^a	1,67 \pm 0,99 ^a	0,95 \pm 0,88 ^a	0,98 \pm 0,72 ^a
Lomos Curados Secados						
C 14	1,10 \pm 0,21 ^a	0,90 \pm 0,22 ^a	0,92 \pm 0,25 ^a	1,14 \pm 0,28 ^a	1,08 \pm 0,24 ^a	0,98 \pm 0,33 ^a
C16	18,35 \pm 3,22 ^a	19,24 \pm 1,55 ^a	18,93 \pm 1,94 ^a	20,56 \pm 1,97 ^a	20,45 \pm 1,61 ^a	19,30 \pm 1,75 ^a
C16:1	3,85 \pm 1,24 ^a	3,55 \pm 0,36 ^a	3,43 \pm 0,69 ^a	3,97 \pm 0,71 ^a	3,99 \pm 0,61 ^a	4,22 \pm 0,57 ^a
C17	0,21 \pm 0,06 ^a	0,20 \pm 0,07 ^a	0,16 \pm 0,06	0,14 \pm 0,05 ^a	0,16 \pm 0,06 ^a	0,31 \pm 0,45 ^a
C17:1	0,23 \pm 0,06 ^a	0,18 \pm 0,04 ^a	0,18 \pm 0,03 ^a	0,20 \pm 0,03 ^a	0,23 \pm 0,05 ^a	0,27 \pm 0,28 ^a
C18	11,60 \pm 2,04 ^a	11,80 \pm 0,79 ^a	12,31 \pm 0,87 ^a	11,48 \pm 1,12 ^a	11,66 \pm 1,04 ^a	10,84 \pm 1,69 ^a
C18:1	49,69 \pm 3,07 ^a	46,77 \pm 7,62 ^a	48,76 \pm 7,62 ^a	49,88 \pm 4,96 ^a	48,71 \pm 6,87 ^a	52,39 \pm 1,54 ^a
C18-2	11,24 \pm 5,22 ^a	12,92 \pm 6,03 ^a	11,26 \pm 6,04 ^a	9,45 \pm 4,93 ^a	10,11 \pm 5,65 ^a	8,79 \pm 3,04 ^a
C18:3	0,43 \pm 0,17 ^b	0,37 \pm 0,09 ^a	0,27 \pm 0,09 ^a	0,30 \pm 0,09 ^a	0,32 \pm 0,12 ^a	0,40 \pm 0,22 ^a
C20:1	1,24 \pm 0,56 ^a	0,84 \pm 0,19 ^a	0,95 \pm 0,28 ^a	0,94 \pm 0,19 ^a	0,90 \pm 0,13 ^a	1,00 \pm 0,09 ^a
C20:4	2,07 \pm 1,65 ^a	3,21 \pm 2,46 ^a	2,85 \pm 2,23 ^a	2,00 \pm 2,17 ^a	2,32 \pm 1,31 ^a	1,59 \pm 0,89 ^a

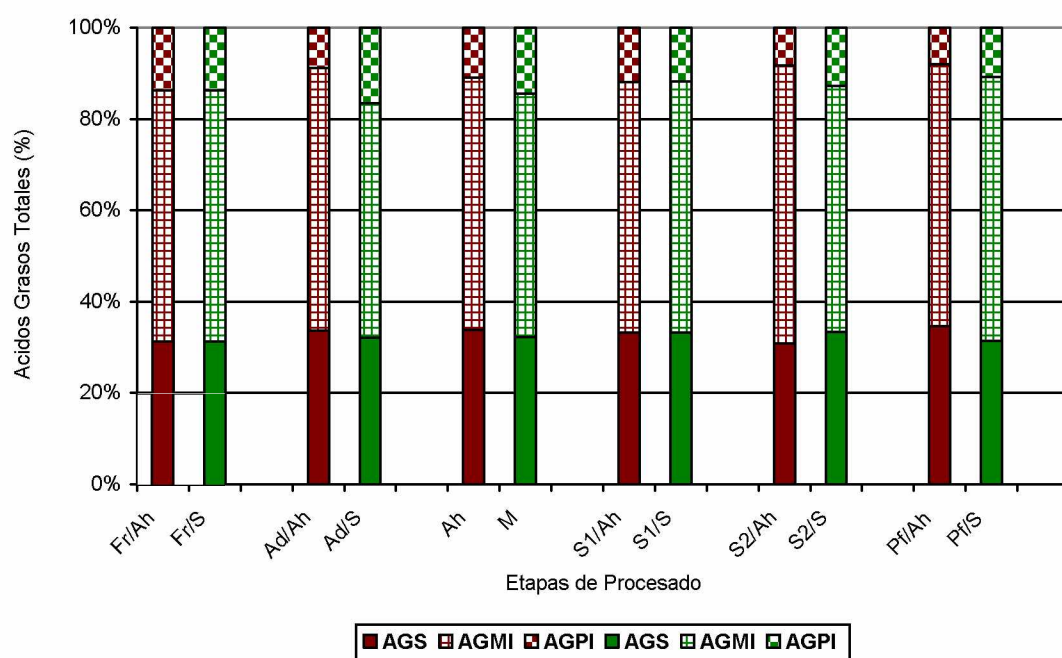


Figura IV.14: Sumatorio de las fracciones de los ácidos grasos totales saturados (AGS), insaturados (AGM), y poliinsaturados (AGP), expresados de las porcentajes de ácidos grasos totales de la grasa intramuscular de los lomos en materia seca.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. S (secado), Ah (ahumado).

En la Fig IV14 se muestran los sumatorios de los ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos monoinsaturados (AGM) y ácidos grasos poliinsaturados (AGP) de los lípidos totales. Como se observa los AGM están en mayor proporción debido a la cantidad de ácido oleico (18:1), alrededor de 50%. Los ácidos grasos saturados como el ácido palmítico C16 y el ácido esteárico C18, contribuyen al mayor valor de esta fracción, seguido de los ácidos poliinsaturados, que representan un porcentaje más pequeño que está constituido esencialmente por el ácido linoleico C18:2.

Los resultados obtenidos en este trabajo están de acuerdo con los valores de López (1995) y los de Martín (1996) al estudiar la composición en ácidos grasos de la grasa intramuscular de jamón ibérico. Flores y col (1987) y Manfredini y col. (1991) obtuvieron porcentajes del 47% aproximadamente de ácido oleico en cerdo ibérico, y Díaz (1993) encontró valores de 40-42% de ácido oleico en jamones de cerdo blanco procesados con tiempos distintos de elaboración.

Esta porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados más elevadas en jamón de cerdo ibérico que en otros jamones y posiblemente en otros lomos se atribuyen a las diferencias genéticas propias de estos cerdos y a la alimentación. Una alimentación a base de bellota (rica en ácidos grasos monoinsaturados) y pasto provoca la acumulación de estos ácidos grasos y promueve la actividad del enzima Δ -9 desaturasa (Chang y col., 1992) con el consiguiente incremento de ácidos grasos monoinsaturados, oleico C 18:1 y palmitoleico C16:1, a partir de ácido esteárico C18 y palmitítico C16 respectivamente, (Martín, 1996).

La porcentaje de saturados como el ácido palmítico (C16), encontrado en las diferentes etapas en las dos tecnologías, en esté trabajo es ligeramente más baja 19-21% que lo encontrada por Martín (1996) y López (1995) en jamones ibéricos, alrededor de 23%. Sin embargo en el ácido esteárico C18 encontramos valores alrededor de 10-12%, ligeramente más altos, que los citados por Martín (1996) de 7,5% y por Melgar y col (1993) de 9% y similares a los de López y col (1995) de 11%.

Los ácidos grasos poliinsaturados como el linoleico, C18:2 presentaran valores de 7-11% en este trabajo, similares a los encontrados por Martín (1996) 8%, y por Cava y col (1996) en cerdo ibérico alimentado con bellota, en cuanto al ácido araquidónico C20:4, está comprendido entre 1-3%, como Martín (1996) que encontró valores de 1,35%.

En la Tabla IV.27 se expone el contenido en mg/100g de músculo en extracto seco, de los ácidos grasos totales encontrado en los lomos, y se puede observar que no hay diferencias significativas entre las dos tecnologías de elaboración, tampoco se observaron diferencias entre las etapas de elaboración estudiadas en las dos tecnologías. Estos resultados coinciden con los resultados anteriores expresados en porcentaje, manteniéndose las amplias desviaciones estándar encontradas en todas las determinaciones relacionadas con la grasa.

Tabla IV.27: mg de ácidos grasos totales de la grasa intramuscular de los lomos por 100g de muestra seca.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre columnas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre filas. [Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado]

	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	Pf
	Lomos Curados Ahumados					
C 14	765 \pm 730 ^a	702 \pm 697 ^a	70 \pm 36 ^a	542 \pm 454 ^a	575 \pm 464 ^a	538 \pm 305 ^a
C16	1222 \pm 1213 ^a	1114 \pm 1115 ^a	850 \pm 596 ^a	8894 \pm 7695 ^a	9437 \pm 7511 ^a	8512 \pm 4734 ^a
C16:1	2017 \pm 1638 ^a	1939 \pm 1910 ^a	268 \pm 140 ^a	1591 \pm 1397 ^a	2047 \pm 1596 ^a	1717 \pm 994 ^a
C17	193 \pm 163 ^a	91 \pm 86 ^a	23 \pm 13 ^a	189 \pm 117 ^a	96 \pm 75 ^a	70 \pm 29 ^a
C17:1	126 \pm 117 ^a	70 \pm 62 ^a	16 \pm 8 ^a	78 \pm 50 ^a	90 \pm 63 ^a	58 \pm 30 ^a
C18	7353 \pm 7251 ^a	6490 \pm 6346 ^a	986 \pm 528 ^a	5086 \pm 4053 ^a	4932 \pm 3801 ^a	4708 \pm 2599 ^a
C18:1	27559 \pm 25976 ^a	26160 \pm 25377 ^a	3451 \pm 1814 ^a	21089 \pm 18015 ^a	23348 \pm 18189 ^a	19997 \pm 10079
C18:2	4361 \pm 3478 ^a	3489 \pm 2624 ^a	1620 \pm 909 ^a	3702 \pm 1602 ^a	3087 \pm 2111 ^a	2480 \pm 630 ^a
C18:3	253 \pm 238 ^a	171 \pm 158 ^a	50 \pm 28 ^a	144 \pm 87 ^a	120 \pm 106 ^a	102 \pm 29 ^a
C20:1	619 \pm 565 ^a	537 \pm 529 ^a	74 \pm 39 ^a	368 \pm 283 ^a	421 \pm 332 ^a	317 \pm 177 ^a
C20:4	553 \pm 114 ^a	525 \pm 369 ^a	590 \pm 337 ^a	632 \pm 133 ^a	367 \pm 159 ^a	334 \pm 36 ^a
	Lomos Curados Secados					
C 14	765 \pm 730 ^a	107 \pm 76 ^a	686 \pm 569 ^a	717 \pm 545 ^a	656 \pm 721 ^a	358 \pm 294 ^a
C16	1222 \pm 1213 ^a	2305 \pm 1128 ^a	9140 \pm 8645 ^a	9303 \pm 11952 ^a	10300 \pm 10039 ^a	4778 \pm 5001 ^a
C16:1	2017 \pm 1638 ^a	438 \pm 207 ^a	1718 \pm 1590 ^a	1987 \pm 1642 ^a	2257 \pm 2100 ^a	1111 \pm 1103 ^a
C17	193 \pm 163 ^a	45 \pm 29 ^a	98 \pm 67 ^a	92 \pm 74 ^a	93 \pm 78 ^a	90 \pm 80 ^a
C17:1	126 \pm 117 ^a	28 \pm 17 ^a	84 \pm 62 ^a	69 \pm 68 ^a	90 \pm 67 ^a	46 \pm 45 ^a
C18	7353 \pm 7251 ^a	1392 \pm 798 ^a	4982 \pm 508 ^a	5474 \pm 690 ^a	5506 \pm 5454 ^a	2485 \pm 2095 ^a
C18:1	27559 \pm 25976 ^a	5043 \pm 3492 ^a	28305 \pm 23281 ^a	28230 \pm 21937 ^a	23345 \pm 22930 ^a	12940 \pm 12177 ^a
C18:2	4361 \pm 3478 ^a	2082 \pm 762 ^a	2631 \pm 2154 ^a	3851 \pm 2388 ^a	2933 \pm 1698 ^a	1742 \pm 100 ^a
C18:3	253 \pm 238 ^a	52 \pm 24 ^a	135 \pm 94 ^a	131 \pm 108 ^a	119 \pm 104 ^a	82 \pm 48 ^a
C20:1	619 \pm 565 ^a	87 \pm 67 ^a	493 \pm 371 ^a	517 \pm 404 ^a	401 \pm 401 ^a	222 \pm 207 ^a
C20:4	553 \pm 114 ^a	594 \pm 107 ^{ab}	553 \pm 294 ^{ab}	780 \pm 86 ^b	484 \pm 149 ^{ab}	307 \pm 82 ^a

Los ácidos grasos C14, C16, C16:1 y con el C18:1 muestran correlación con otros ácidos grasos, más insaturados y que a lo largo de la maduración pueden oxidarse y formar los saturados. El C18:3 se correlaciona con los otros ácidos grasos con 18 átomos de carbono, posiblemente debido a los fenómenos de hidrogenación catalizada por iones metálicos (posiblemente hierro) que saturan los doble enlaces (Wong, (1995), o deshidrogenación oxidante a partir de lo ácido saturado (Campos, 1998).

También en la Figura IV.15 se puede observar, que al cuantificar la fracción de ácidos grasos monoinsaturados es, como se espera, la mayor, seguida de los ácidos grasos saturados y la más pequeña los ácidos grasos poliinsaturados, concordando con lo observado en porcentaje y con los valores determinados por Muriel (2003) en lomo curado y Jurado (2005) en jamones.

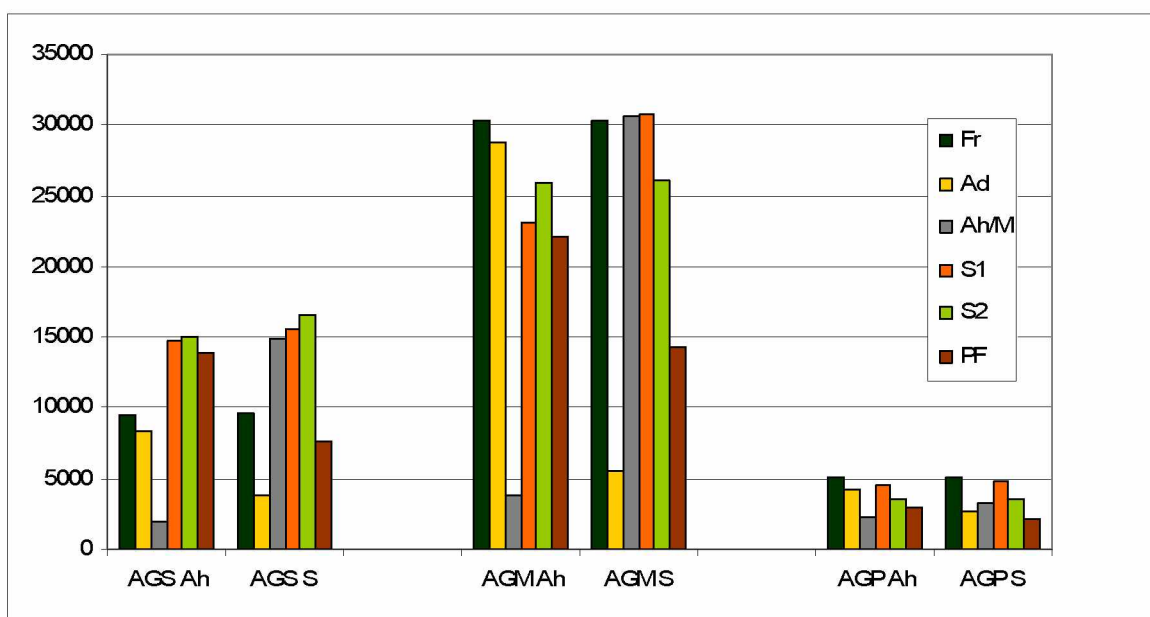


Figura IV.15: Sumatorio de ácidos grasos de las fracciones de los ácidos grasos totales saturados (AGS), insaturados (AGM) y poliinsaturados (AGP) expresados en mg/100g de muestra en extracto seco.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. S (secado), Ah (ahumado).

Sin que se encuentre una explicación concreta, podemos pensar que los distintos adobos, utilizados en las dos tecnologías, son los responsables por las diferencias de las fracciones grasas, en la fase de adobo y post-salado. Se puede observar, en la fase de adobo, que los ácidos grasos saturados en el

adobo por salmuera en los lomos que se van al humo presentan mayores valores que los lomos de la otra tecnología que son adobados con sal sólida, en cuanto en la fase de post-salado es la tecnología de ahumado que presenta valores más pequeños en las distintas fracciones grasas.

En las fases de secadero y el producto final los lomos en las dos tecnologías mostraran diferencias más pequeñas pero siempre de acuerdo con las diferencias observadas en la fase de adobo, lo que hace pensar que la salmuera en el músculo permite una mejor extracción de la grasa en cuanto que la acción del humo en el post-salado dificulte esta extracción, dado que los lomos presentaran variaciones de grasa similares a las determinaciones de la grasa intramuscular libre en la tabla IV.23.

IV – 4-4 – Fraccionamiento de la grasa en lípidos neutros, ácidos grasos libres y fosfolípidos

Los resultados del estudio de las tres fracciones grasas, lípidos neutros constituidos esencialmente por triglicéridos, lípidos polares compuesta por fosfolípidos y la fracción de los ácidos grasos libres se exponen en las tablas que siguen de modo que se evalúen las alteraciones y las diferencias significativas durante la elaboración de los lomos curados procesados por las dos tecnologías, de ahumado y secado.

En la Tabla IV.28 se puede observar que en la fracción de los lípidos neutros, expresada en porcentaje, existen diferencias estadísticamente significativas en el contenido de ácido linoleico (C18:2) en post-salado y en el ácido heptadecenoico (C17:1), en el inicio de secadero, entre las dos tecnologías, de ahumado y secado.

Tabla IV.28: Porcentaje de ácidos grasos de la fracción de triglicéridos de la grasa intramuscular de los lomos.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre columnas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre filas. [Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado]

	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	Pf
Lomos Curados Ahumados						
C 14	1,28 \pm 0,12 ^a	1,22 \pm 0,07 ^a	1,27 \pm 0,11 ^a	1,30 \pm 0,08 ^a	1,25 \pm 0,14 ^a	1,24 \pm 0,17 ^a
C16	25,28 \pm 1,02 ^a	24,47 \pm 0,77 ^a	23,46 \pm 2,53 ^a	25,04 \pm 0,56 ^a	24,38 \pm 1,82 ^a	25,08 \pm 1,30 ^a
C16:1	3,66 \pm 0,56 ^a	3,98 \pm 0,30 ^a	4,32 \pm 0,76 ^a	3,71 \pm 0,36 ^a	4,41 \pm 0,83 ^a	3,71 \pm 0,70 ^a
C17	0,17 \pm 0,07 ^a	0,15 \pm 0,02 ^a	0,17 \pm 0,04 ^a	0,16 \pm 0,04 ^a	0,22 \pm 0,07 ^a	0,17 \pm 0,05 ^a
C17:1	0,22 \pm 0,08 ^b	0,20 \pm 0,03 ^{ab}	0,22 \pm 0,09 ^b	¹ 0,23 \pm 0,04 ^b	0,12 \pm 0,08 ^{ab}	0,09 \pm 0,04 ^a
C18	13,04 \pm 2,51 ^a	10,96 \pm 0,51 ^a	10,66 \pm 2,10 ^a	12,10 \pm 0,75 ^a	10,72 \pm 1,47 ^a	12,19 \pm 1,21 ^a
C18:1	50,20 \pm 3,24 ^a	52,76 \pm 0,63 ^a	53,78 \pm 3,95 ^a	51,84 \pm 1,34 ^a	54,20 \pm 2,25 ^b	52,43 \pm 1,27 ^{ab}
C18:2	4,51 \pm 1,22 ^a	4,66 \pm 0,71 ^a	¹ 4,50 \pm 0,66 ^a	4,17 \pm 0,91 ^a	3,39 \pm 0,77 ^a	3,68 \pm 1,29 ^a
C18:3	0,34 \pm 0,17 ^b	0,24 \pm 0,06 ^{ab}	0,23 \pm 0,09 ^{ab}	0,24 \pm 0,07 ^{ab}	0,15 \pm 0,05 ^a	0,22 \pm 0,08 ^{ab}
C20:1	1,02 \pm 0,40 ^a	1,04 \pm 0,06 ^a	1,02 \pm 0,08 ^a	0,98 \pm 0,10 ^a	0,94 \pm 0,18 ^a	0,96 \pm 0,13 ^a
C20:4	0,27 \pm 0,14 ^a	0,38 \pm 0,09 ^a	0,37 \pm 0,07 ^a	0,25 \pm 0,06 ^a	0,23 \pm 0,13 ^a	0,22 \pm 0,05 ^a
Lomos Curados Secados						
C 14	1,28 \pm 0,12 ^a	1,27 \pm 0,12 ^a	1,21 \pm 0,15 ^a	1,32 \pm 0,10 ^a	1,29 \pm 0,14 ^a	1,20 \pm 0,41 ^a
C16	25,28 \pm 1,02 ^a	25,15 \pm 0,74 ^a	25,21 \pm 1,20 ^a	25,19 \pm 0,62 ^a	24,83 \pm 2,03 ^a	23,32 \pm 2,95 ^a
C16:1	3,66 \pm 0,56 ^a	4,12 \pm 0,69 ^a	3,83 \pm 0,63 ^a	3,84 \pm 0,79 ^a	4,22 \pm 0,57 ^a	3,73 \pm 0,47 ^a
C17	0,17 \pm 0,07 ^a	0,15 \pm 0,01 ^a	0,14 \pm 0,06	0,14 \pm 0,04 ^a	0,22 \pm 0,05 ^a	0,20 \pm 0,05 ^a
C17:1	0,22 \pm 0,08 ^b	0,19 \pm 0,03 ^a	0,18 \pm 0,03 ^a	² 0,13 \pm 0,06 ^a	0,15 \pm 0,10 ^a	0,28 \pm 0,2 ^a
C18	13,04 \pm 2,51 ^a	11,43 \pm 0,63 ^a	12,71 \pm 2,15 ^a	12,09 \pm 0,88 ^a	11,52 \pm 1,14 ^a	11,47 \pm 0,70 ^a
C18:1	50,20 \pm 3,24 ^a	52,03 \pm 0,91 ^a	51,78 \pm 2,48 ^a	51,80 \pm 0,83 ^a	52,53 \pm 2,39 ^a	50,61 \pm 3, ^a
C18:2	4,51 \pm 1,22 ^a	4,02 \pm 0,47 ^a	² 3,41 \pm 0,48 ^a	3,94 \pm 0,98 ^a	3,78 \pm 0,66 ^a	6,49 \pm 4,16 ^a
C18:3	0,34 \pm 0,17 ^b	0,24 \pm 0,05 ^a	0,19 \pm 0,04 ^a	0,22 \pm 0,07 ^a	0,19 \pm 0,05 ^a	0,33 \pm 0,19 ^a
C20:1	1,02 \pm 0,40 ^a	1,05 \pm 0,09 ^a	1,03 \pm 0,07 ^a	1,05 \pm 0,08 ^a	1,00 \pm 0,12 ^a	1,03 \pm 0,10 ^a
C20:4	0,27 \pm 0,14 ^a	0,35 \pm 0,13 ^a	0,29 \pm 0,13 ^a	0,28 \pm 0,16 ^a	0,26 \pm 0,11 ^a	1,33 \pm 2,17 ^a

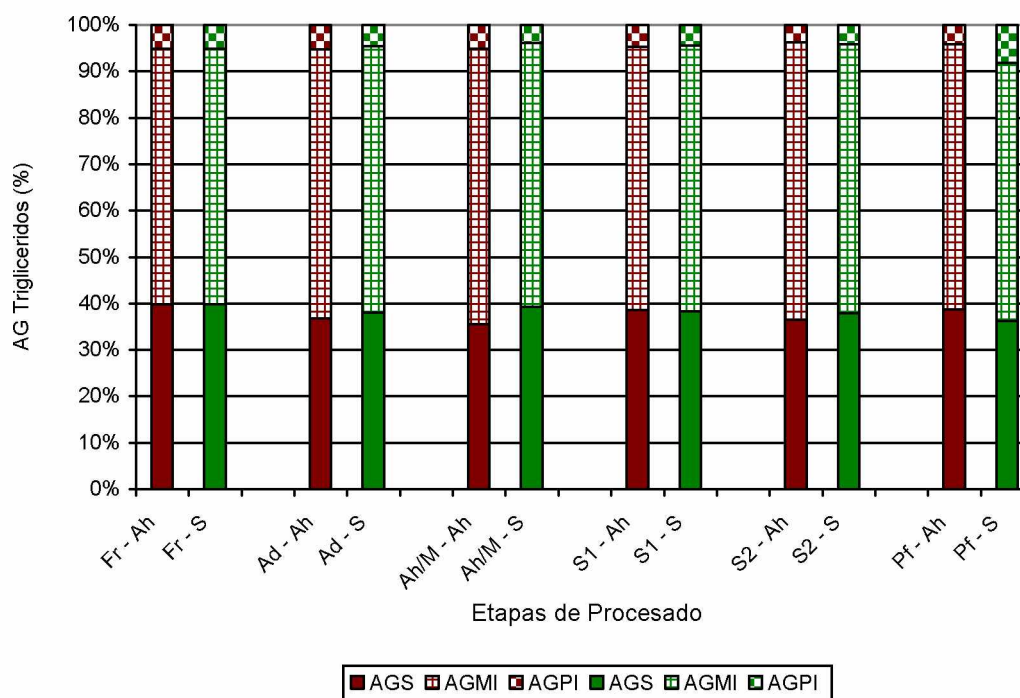


Figura IV.16: Sumatorio de ácidos grasos de las fracciones de los triglicéridos saturados (AGS), insaturados (AGMI), y polinsaturados (AGPI), expresados de los porcentajes de ácidos grasos totales de la grasa intramuscular de los lomos en materia seca.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. S (secado), Ah (ahumado).

En la Figura IV. 16 se muestra los sumatorios de los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados de la fracción de los triglicéridos expresados en porcentaje. Como era de esperar la fracción mayor es la de ácidos grasos monoinsaturados, seguida de los saturados y la más pequeña los ácidos grasos polinsaturados.

En la Tabla IV.29 se expone el contenido en mg/100g de músculo en extracto seco de los ácidos grasos de los triglicéridos, encontrado en los lomos, y se puede observar que no hay diferencias significativas entre las dos tecnologías de elaboración y tampoco se encontraron diferencias entre las etapas de elaboración estudiadas en las dos tecnologías. El perfil de los ácidos grasos de esta fracción estudiado por Antequera y col (1993a), presentó una disminución marcada para determinados triglicéridos, principalmente en las primeras fases de la maduración, también se puede observar esta disminución en este trabajo cuando se cuantifican y presentan los sumatorios de los monoinsaturados, saturados y poliinsaturados en las Tablas IV.34, 35, 36.

Tabla IV.29: mg de ácidos grasos de la fracción de triglicéridos de la grasa intramuscular de los lomos por 100g de muestra seca.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre columnas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre filas. [Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado]

	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	Pf
Lomos Curados Ahumados						
C 14	1797 \pm 835 ^b	990 \pm 428 ^{ab}	1050 \pm 213 ^{ab}	1777 \pm 535 ^{ab}	949 \pm 393 ^{ab}	805 \pm 228 ^a
C16	31010 \pm 13650 ^b	17756 \pm 7611 ^{ab}	17471 \pm 3914 ^{ab}	27210 \pm 4609 ^{ab}	16028 \pm 5882 ^{ab}	14621 \pm 4408 ^a
C16:1	4528 \pm 1628 ^{ab}	2930 \pm 1073 ^{ab}	3549 \pm 905 ^{ab}	4788 \pm 1617 ^b	3057 \pm 1235 ^{ab}	2197 \pm 535 ^a
C17	319 \pm 255 ^a	146 \pm 58 ^a	180 \pm 36 ^a	271 \pm 79 ^a	207 \pm 117 ^a	144 \pm 76 ^a
C17:1	253 \pm 134 ^b	131 \pm 41 ^{ab}	165 \pm 76 ^a	246 \pm 52 ^b	64 \pm 40 ^a	44 \pm 10 ^a
C18	16400 \pm 10321 ^a	7623 \pm 3282 ^a	7528 \pm 2300 ^a	14105 \pm 4520 ^a	6662 \pm 2375 ^a	6969 \pm 2636 ^a
C18:1	57646 \pm 22903 ^{ab}	35822 \pm 14397 ^{ab}	38918 \pm 6480 ^{ab}	59525 \pm 18193 ^b	33509 \pm 11327 ^{ab}	28982 \pm 9246 ^a
C18:2	6128 \pm 4046 ^a	3315 \pm 1029 ^a	3520 \pm 799 ^a	5170 \pm 1816 ^a	2321 \pm 1137 ^a	2410 \pm 1549 ^a
C18:3	427 \pm 244 ^a	183 \pm 81 ^{ab}	191 \pm 95 ^{ab}	319 \pm 140 ^{ab}	110 \pm 72 ^b	157 \pm 100 ^{ab}
C20-1	1148 \pm 741 ^a	692 \pm 295 ^a	691 \pm 56 ^a	1087 \pm 333 ^a	564 \pm 211 ^a	533 \pm 231 ^a
C20:4	322 \pm 54 ^b	312 \pm 98 ^b	361 \pm 48 ^b	352 \pm 107 ^b	159 \pm 54 ^a	151 \pm 54 ^a
Lomos Curados Secados						
C 14	1797 \pm 835 ^b	1014 \pm 214 ^{ab}	1459 \pm 802 ^{ab}	2267 \pm 786 ^b	1224 \pm 555 ^{ab}	639 \pm 359 ^a
C16	31010 \pm 13650 ^b	17727 \pm 2705 ^{ab}	25340 \pm 13777 ^{abc}	38885 \pm 13703 ^c	20667 \pm 8468 ^{abc}	10017 \pm 5201 ^a
C16:1	4528 \pm 1628 ^{ab}	3181 \pm 669 ^{ab}	4159 \pm 1740 ^{ab}	5866 \pm 1514 ^b	3686 \pm 1511 ^{ab}	1641 \pm 813 ^a
C17	319 \pm 255 ^a	137 \pm 27 ^a	189 \pm 108 ^a	317 \pm 170 ^a	248 \pm 92 ^a	101 \pm 45 ^a
C17:1	253 \pm 134 ^b	135 \pm 29 ^{ab}	172 \pm 707 ^{ab}	183 \pm 98 ^{ab}	117 \pm 104 ^{ab}	74 \pm 45 ^a
C18	16400 \pm 10321 ^a	7560 \pm 1509 ^{ab}	11899 \pm 7245 ^{ab}	18321 \pm 7398 ^b	9245 \pm 4050 ^{ab}	4444 \pm 2116 ^a
C18:1	57646 \pm 22903 ^{ab}	34309 \pm 5165 ^a	50042 \pm 24695 ^{ab}	75906 \pm 27500 ^b	41561 \pm 16581 ^{ab}	19914 \pm 9789 ^a
C18:2	6128 \pm 4046 ^a	2744 \pm 528 ^a	3402 \pm 1101 ^a	6416 \pm 3182 ^a	3327 \pm 1514 ^a	1934 \pm 817 ^a
C18:3	427 \pm 244 ^a	162 \pm 39 ^a	199 \pm 68 ^a	385 \pm 216 ^a	183 \pm 99 ^a	150 \pm 147 ^a
C20:1	1148 \pm 741 ^a	651 \pm 97 ^{ab}	958 \pm 549 ^{ab}	1514 \pm 617 ^b	758 \pm 274 ^{ab}	386 \pm 184 ^a
C20:4	322 \pm 54 ^b	318 \pm 115 ^{bc}	289 \pm 91 ^{ab}	435 \pm 62 ^c	235 \pm 79 ^{ab}	178 \pm 9 ^a

Tabla IV.30: Porcentaje de ácidos grasos de la fracción de ácidos grasos libres de la grasa intramuscular de los lomos.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre columnas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre filas. [Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado]

	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	Pf
Lomos Curados Ahumados						
C 14	0,78 \pm 0,59 ^a	1,18 \pm 0,50 ^a	0,86 \pm 0,22 ^a	0,87 \pm 0,20 ^a	0,85 \pm 0,39 ^a	1,06 \pm 0,29 ^a
C16	25,95 \pm 1,74 ^a	25,83 \pm 1,99 ^a	24,80 \pm 2,24 ^a	25,49 \pm 0,84 ^a	¹ 24,42 \pm 1,89 ^a	25,74 \pm 1,56 ^a
C16:1	3,17 \pm 0,36 ^a	2,47 \pm 0,50 ^a	3,29 \pm 0,42 ^a	3,10 \pm 0,59 ^a	3,33 \pm 0,54 ^a	2,88 \pm 0,58 ^a
C17	0,50 \pm 0,50 ^{ab}	1,06 \pm 0,88 ^b	0,20 \pm 0,06 ^a	0,20 \pm 0,05 ^a	0,23 \pm 0,06 ^a	0,35 \pm 0,12 ^{ab}
C17:1	0,19 \pm 0,05 ^a	0,39 \pm 0,30 ^a	0,60 \pm 0,58 ^a	0,16 \pm 0,03 ^a	0,30 \pm 0,16 ^a	0,19 \pm 0,03 ^a
C18	16,48 \pm 3,80 ^{ab}	22,49 \pm 7,89 ^b	14,60 \pm 2,34 ^a	15,34 \pm 1,61 ^{ab}	16,88 \pm 3,26 ^{ab}	18,57 \pm 4,78 ^{ab}
C18:1	47,38 \pm 4,02 ^a	40,49 \pm 10,10 ^a	49,42 \pm 2,77 ^a	49,66 \pm 2,33 ^a	49,19 \pm 3,65 ^a	46,22 \pm 4,48 ^a
C18:2	3,93 \pm 0,97 ^a	4,00 \pm 1,02 ^a	3,35 \pm 1,93 ^a	3,56 \pm 0,50 ^a	3,31 \pm 0,72 ^a	3,46 \pm 1,12 ^a
C18:3	0,44 \pm 0,43 ^a	0,71 \pm 0,60 ^a	0,88 \pm 0,97 ^a	0,27 \pm 0,30 ^a	0,41 \pm 0,21 ^a	0,20 \pm 0,20 ^a
C20:1	0,86 \pm 0,30 ^a	0,80 \pm 0,32 ^a	1,25 \pm 0,42 ^a	1,08 \pm 0,41 ^a	0,72 \pm 0,20 ^a	0,96 \pm 0,20 ^a
C20:4	0,32 \pm 0,24 ^a	0,58 \pm 0,32 ^a	0,77 \pm 0,71 ^a	0,26 \pm 0,09 ^a	0,37 \pm 0,20 ^a	0,37 \pm 0,35 ^a
Lomos Curados Secados						
C 14	0,78 \pm 0,59 ^a	1,48 \pm 0,46 ^a	1,03 \pm 0,19 ^a	1,08 \pm 0,45 ^a	1,01 \pm 0,11 ^a	2,95 \pm 3,26 ^a
C16	26,95 \pm 1,74 ^a	26,20 \pm 1,39 ^a	26,31 \pm 1,24 ^a	26,21 \pm 1,21 ^a	² 26,81 \pm 1,05 ^a	23,84 \pm 4,89 ^a
C16:1	3,17 \pm 0,36 ^a	3,02 \pm 0,95 ^a	3,00 \pm 0,39 ^a	2,84 \pm 0,26 ^a	3,29 \pm 0,36 ^a	3,91 \pm 1,84 ^a
C17	0,50 \pm 0,50 ^a	0,45 \pm 0,23 ^a	0,17 \pm 0,03 ^a	0,47 \pm 0,41 ^a	0,23 \pm 0,04 ^a	0,71 \pm 0,79 ^a
C17:1	0,19 \pm 0,05 ^a	0,16 \pm 0,09 ^a	0,21 \pm 0,11 ^a	0,28 \pm 0,16 ^a	0,21 \pm 0,03 ^a	0,59 \pm 0,64 ^a
C18	16,48 \pm 3,80 ^a	22,27 \pm 9,56 ^a	15,14 \pm 2,04 ^a	18,23 \pm 4,64 ^a	15,58 \pm 0,81 ^a	15,10 \pm 1,88 ^a
C18:1	47,38 \pm 4,02 ^a	40,17 \pm 10,79 ^a	49,63 \pm 1,85 ^a	45,42 \pm 5,79 ^a	48,45 \pm 0,70 ^a	45,39 \pm 5,57 ^a
C18:2	3,93 \pm 0,98 ^a	4,23 \pm 0,78 ^a	3,02 \pm 0,53 ^a	3,49 \pm 0,94 ^a	2,95 \pm 0,33 ^a	4,49 \pm 1,69 ^a
C18:3	0,44 \pm 0,43 ^b	0,56 \pm 0,50 ^a	0,19 \pm 0,50 ^a	0,32 \pm 0,25 ^a	0,16 \pm 0,06 ^a	0,52 \pm 0,51 ^a
C20:1	0,86 \pm 0,39 ^a	0,74 \pm 0,35 ^a	1,02 \pm 0,16 ^a	1,05 \pm 0,31 ^a	1,04 \pm 0,11 ^a	1,13 \pm 0,48 ^a
C20:4	0,32 \pm 0,24 ^a	0,70 \pm 0,44 ^a	0,28 \pm 0,09 ^a	0,60 \pm 0,52 ^a	0,26 \pm 0,06 ^a	1,38 \pm 2,19 ^a

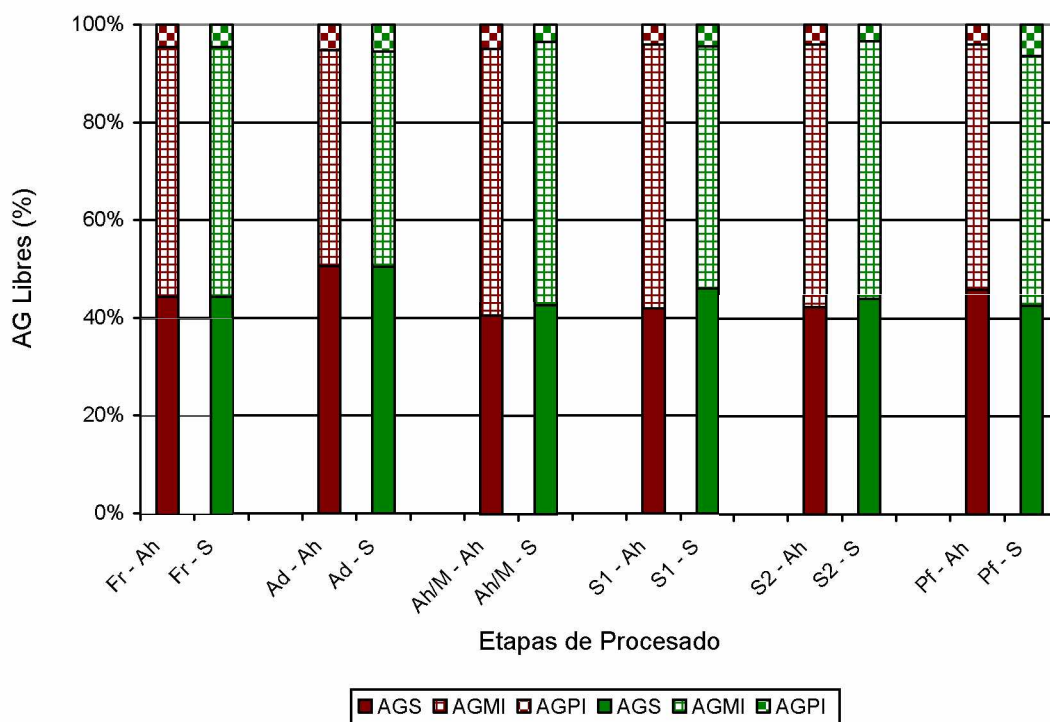


Figura IV.17: Sumatorio de ácidos grasos de las fracciones de los ácidos grasos libres saturados (AGS), insaturados (AGMI), y poliinsaturados (AGPI), expresados de los porcentajes de ácidos grasos totales de la grasa intramuscular de los lomos en materia seca.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. S (secado), Ah (ahumado).

En la Tabla IV.30 no se registran diferencias significativas en los porcentajes de ácidos grasos libres entre las dos tecnologías y dentro de cada una de ellas tampoco se verificaron diferencias durante el proceso de elaboración.

En la Fig IV.17 se muestra que los ácidos grasos monoinsaturados, están en mayor cantidad, como sería de esperar dado los valores de ácido oleico existente en estos productos, los ácidos grasos saturados se encuentran en cantidad, ligeramente más bajas y los ácidos grasos poliinsaturados en valores bastante más pequeños.

En la Tabla IV.31 se expone el contenido en mg/100g de músculo en extracto seco de los ácidos grasos libres encontrado en los lomos, y no se observan diferencias significativas entre las dos tecnologías de elaboración, y tampoco se encontraron diferencias entre las etapas de elaboración estudiadas en las dos tecnologías.

Tabla IV.31: mg de ácidos grasos de la fracción de ácidos grasos libres de la grasa intramuscular por 100g muestra seca de los lomos.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre columnas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre filas. [Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado]

	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	Pf
Lomos Curados Ahumados						
C 14	25 \pm 19 ^a	16 \pm 11 ^a	20 \pm 13 ^a	35 \pm 9 ^a	19 \pm 5 ^a	14 \pm 7 ^a
C16	756 \pm 464 ^a	389 \pm 389 ^a	491 \pm 299 ^a	927 \pm 351 ^a	474 \pm 185 ^a	338 \pm 204 ^a
C16:1	94 \pm 54 ^{ab}	45 \pm 43 ^{ab}	74 \pm 43 ^{ab}	120 \pm 47 ^b	67 \pm 20 ^{ab}	39 \pm 25 ^a
C17	10 \pm 6 ^a	13 \pm 6 ^a	6 \pm 3 ^a	10 \pm 3 ^a	5 \pm 2 ^a	5 \pm 3 ^a
C17:1	5 \pm 4 ^{ab}	4 \pm 2 ^{ab}	11 \pm 9 ^b	6 \pm 2 ^{ab}	5 \pm 2 ^b	2 \pm 1 ^a
C18	399 \pm 228 ^a	265 \pm 188 ^a	263 \pm 156 ^a	514 \pm 166 ^a	280 \pm 88 ^a	203 \pm 97 ^a
C18:1	1304 \pm 819 ^a	731 \pm 669 ^a	941 \pm 520 ^a	1723 \pm 698 ^a	902 \pm 316 ^a	584 \pm 365 ^a
C18:2	123 \pm 85 ^a	56 \pm 47 ^a	86 \pm 70 ^a	130 \pm 38 ^a	63 \pm 30 ^a	42 \pm 28 ^a
C18:3	8 \pm 1 ^{ab}	7 \pm 1 ^{ab}	18 \pm 14 ^b	10 \pm 8 ^{ab}	7 \pm 3 ^{ab}	2 \pm 1 ^a
C20:1	28 \pm 21 ^a	16 \pm 14 ^a	22 \pm 11 ^a	35 \pm 14 ^a	14 \pm 11 ^a	12 \pm 8 ^a
C20:4	8 \pm 3 ^a	8 \pm 4 ^a	20 \pm 13 ^a	11 \pm 4 ^{ab}	8 \pm 6 ^{ab}	4 \pm 1 ^a
Lomos Curados Secados						
C 14	25 \pm 19 ^a	26 \pm 19 ^a	41 \pm 22 ^a	41 \pm 22 ^a	26 \pm 13 ^a	14 \pm 9 ^a
C16	756 \pm 464 ^a	526 \pm 447 ^a	1023 \pm 639 ^a	1100 \pm 686 ^a	638 \pm 385 ^a	309 \pm 242 ^a
C16:1	94 \pm 54 ^{ab}	97 \pm 84 ^a	117 \pm 74 ^a	126 \pm 85 ^a	17 \pm 48 ^a	37 \pm 29 ^a
C17	10 \pm 6 ^a	9 \pm 5 ^{ab}	9 \pm 4 ^{ab}	16 \pm 5 ^b	7 \pm 3 ^{ab}	4 \pm 3 ^a
C17:1	5 \pm 4 ^{ab}	6 \pm 4 ^a	6 \pm 2 ^a	8 \pm 4 ^a	5 \pm 2 ^a	2 \pm 2 ^a
C18	40 \pm 23 ^a	312 \pm 182 ^{ab}	544 \pm 261 ^{ab}	640 \pm 341 ^b	345 \pm 174 ^{ab}	166 \pm 117 ^a
C18:1	130 \pm 82 ^a	954 \pm 940 ^a	1773 \pm 1068 ^a	1908 \pm 1278 ^a	1083 \pm 632 ^a	527 \pm 422 ^a
C18:2	123 \pm 85 ^a	88 \pm 82 ^a	107 \pm 51 ^a	142 \pm 101 ^a	71 \pm 39 ^a	41 \pm 28 ^a
C18:3	8 \pm 1 ^{ab}	6 \pm 3 ^{ab}	7 \pm 3 ^{ab}	9 \pm 3 ^b	4 \pm 4 ^{ab}	3 \pm 2 ^a
C20:1	3 \pm 2 ^a	18 \pm 17 ^a	38 \pm 30 ^a	45 \pm 32 ^a	23 \pm 14 ^a	11 \pm 9 ^a
C20:4	8 \pm 3 ^a	13 \pm 9 ^a	11 \pm 3 ^a	34 \pm 26 ^a	7 \pm 3 ^a	3 \pm 2 ^a

Tabla IV.32: Porcentaje de ácidos grasos de la fracción de fosfolípidos de la grasa intramuscular de los lomos.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre columnas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre filas. [Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado]

	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	Pf
Lomos Curados Ahumados						
C 14	0,96 \pm 0,22 ^a	¹ 0,54 \pm 0,37 ^a	0,66 \pm 0,33 ^a	0,63 \pm 0,15 ^a	0,70 \pm 0,30 ^a	0,90 \pm 0,32 ^a
C16	25,83 \pm 2,56 ^a	¹ 24,11 \pm 1,10 ^a	37,39 \pm 22,89 ^a	25,67 \pm 0,86 ^a	25,26 \pm 4,68 ^a	¹ 26,42 \pm 1,00 ^a
C16:1	2,72 \pm 0,75 ^b	¹ 1,56 \pm 0,23 ^a	1,97 \pm 1,20 ^{ab}	2,15 \pm 0,29 ^{ab}	2,58 \pm 0,49 ^{ab}	2,39 \pm 0,40 ^{ab}
C17	0,61 \pm 0,36 ^{ab}	1,87 \pm 1,32 ^b	0,59 \pm 0,95 ^a	0,47 \pm 0,18 ^a	0,32 \pm 0,18 ^a	0,36 \pm 0,07 ^a
C17:1	0,28 \pm 0,11 ^a	0,59 \pm 0,33 ^a	0,76 \pm 0,50 ^a	0,29 \pm 0,21 ^a	0,52 \pm 0,54 ^a	0,24 \pm 0,07 ^a
C18	22,34 \pm 7,41 ^a	29,70 \pm 10,61 ^a	17,09 \pm 6,62 ^a	19,81 \pm 4,82 ^a	20,08 \pm 5,31 ^a	18,81 \pm 4,29 ^a
C18:1	35,43 \pm 5,83 ^b	23,38 \pm 4,52 ^a	28,27 \pm 12,8 ^{ab}	34,76 \pm 3,27 ^{ab}	36,49 \pm 5,27 ^b	38,45 \pm 3,60 ^b
C18:2	9,04 \pm 2,88 ^a	13,73 \pm 6,27 ^a	6,45 \pm 4,30 ^a	12,84 \pm 7,10 ^a	10,42 \pm 6,70 ^a	9,60 \pm 4,84 ^a
C18:3	0,75 \pm 0,48 ^a	1,04 \pm 0,55 ^a	3,88 \pm 7,11 ^b	0,14 \pm 0,07 ^a	0,66 \pm 0,67 ^a	0,28 \pm 0,17 ^a
C20:1	0,41 \pm 0,32 ^a	0,32 \pm 0,19 ^a	0,81 \pm 0,39 ^a	0,67 \pm 0,31 ^a	0,71 \pm 0,37 ^a	0,65 \pm 0,35 ^a
C20:4	1,64 \pm 0,80 ^a	3,16 \pm 1,12 ^a	2,13 \pm 1,19 ^a	2,57 \pm 1,40 ^a	2,26 \pm 0,15 ^a	1,88 \pm 1,41 ^a
Lomos Curados Secados						
C 14	0,96 \pm 0,22 ^a	² 1,13 \pm 0,42 ^a	0,97 \pm 0,21 ^a	1,28 \pm 0,85 ^a	0,73 \pm 0,19 ^a	2,62 \pm 3,96 ^a
C16	25,83 \pm 2,56 ^a	² 27,09 \pm 2,39 ^b	26,69 \pm 2,05 ^a	27,19 \pm 2,98 ^a	25,15 \pm 1,90 ^{ab}	² 21,07 \pm 4,46 ^a
C16:1	2,72 \pm 0,75 ^a	² 2,38 \pm 0,34 ^a	2,66 \pm 0,85 ^a	2,37 \pm 0,74 ^a	2,33 \pm 0,86 ^a	3,09 \pm 0,95 ^a
C17	0,61 \pm 0,36 ^{ab}	0,60 \pm 0,32 ^a	0,50 \pm 0,32	0,72 \pm 0,28 ^a	0,35 \pm 0,06 ^a	3,85 \pm 6,88 ^a
C17:1	0,28 \pm 0,11 ^a	0,33 \pm 0,11 ^a	0,38 \pm 0,28 ^a	0,40 \pm 0,27 ^a	0,24 \pm 0,05 ^a	2,15 \pm 3,25 ^a
C18	22,34 \pm 7,41 ^a	25,84 \pm 10,96 ^a	19,79 \pm 3,47 ^a	25,78 \pm 9,37 ^a	16,61 \pm 0,81 ^a	13,64 \pm 7,75 ^a
C18:1	35,43 \pm 5,83 ^b	30,20 \pm 8,83 ^a	35,81 \pm 7,41 ^a	28,80 \pm 7,55 ^a	37,72 \pm 7,50 ^a	40,24 \pm 8,78 ^a
C18:2	9,04 \pm 2,88 ^a	8,83 \pm 3,71 ^a	10,09 \pm 4,28 ^a	7,36 \pm 3,94 ^a	13,17 \pm 6,99 ^a	8,85 \pm 6,02 ^a
C18:3	0,75 \pm 0,48 ^a	0,66 \pm 0,49 ^a	0,44 \pm 0,24 ^a	1,62 \pm 2,54 ^a	0,15 \pm 0,06 ^a	1,14 \pm 1,37 ^a
C20:1	0,41 \pm 0,32 ^a	0,57 \pm 0,20 ^a	0,47 \pm 0,21 ^a	0,70 \pm 0,50 ^a	0,58 \pm 0,22 ^a	0,65 \pm 0,18 ^a
C20:4	1,64 \pm 0,80 ^a	2,36 \pm 0,75 ^a	2,19 \pm 1,39 ^a	2,08 \pm 0,70 ^a	2,97 \pm 2,35 ^a	2,61 \pm 2,20 ^a

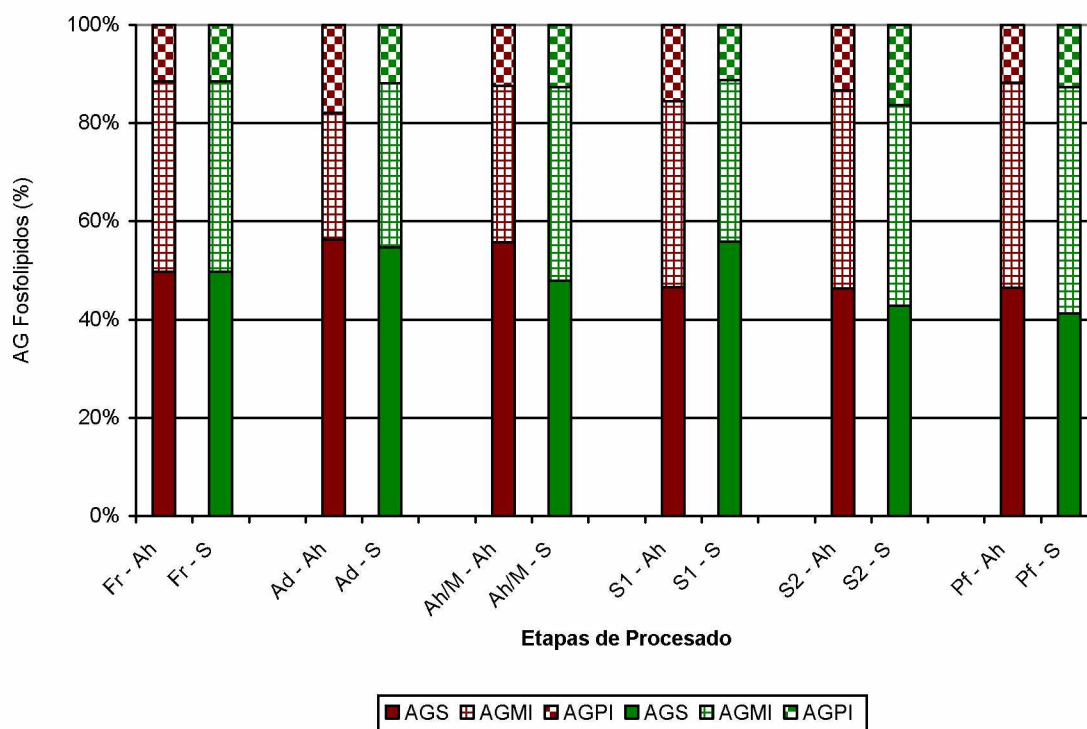


Figura IV.18: Sumatorio de ácidos grasos de las fracciones de los fosfolípidos de ácidos grasos saturados (AGS), insaturados (AGM), y poliinsaturados (AGP), expresados de los porcentajes de ácidos grasos totales de la grasa intramuscular de los lomos en materia seca.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. S (secado), Ah (ahumado).

En la Fig IV.18 se muestran los sumatorios de los ácidos grasos saturados que representan la mayor cantidad en esta fracción seguida de los ácidos grasos monoinsaturados y por fin los ácidos grasos poliinsaturados que constituyen un porcentaje pequeño en la fracción de fosfolípidos.

En la Tabla IV.32 se puede observar, en los fosfolípidos expresados en porcentaje, solamente existen diferencias significativas, entre las dos tecnologías, en la etapa de adobo, en los ácidos grasos C14, C16 y C16:1 y en el producto final el C16.

En la Tabla IV.33, cuando se expresan los ácidos grasos de los fosfolípidos en mg/100g, se puede comprobar que las únicas diferencias significativas tienen lugar en la etapa de post-salado en el C14 y el C18.

Tabla IV.33: mg de ac. grasos de la fracción de fosfolípidos de la grasa intramuscular por 100g de muestra seca de los lomos.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre columnas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre filas. [Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado]

	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	Pf
Lomos Curados Ahumados						
C 14	6 \pm 5 ^a	2 \pm 1 ^a	¹ 3 \pm 1 ^a	3 \pm 1 ^a	4 \pm 1 ^a	4 \pm 0,1 ^a
C16	197 \pm 151 ^a	81 \pm 43 ^a	220 \pm 191 ^a	108 \pm 53 ^a	103 \pm 21 ^a	99 \pm 40 ^a
C16:1	29 \pm 19 ^a	5 \pm 3 ^a	7 \pm 4 ^a	9 \pm 4 ^a	9 \pm 3 ^a	9 \pm 3 ^a
C17	3 \pm 2 ^{ab}	5 \pm 2 ^b	2 \pm 2 ^{ab}	2 \pm 6 ^{ab}	1 \pm 0,9 ^a	2 \pm 6 ^{ab}
C17:1	13 \pm 12 ^a	1 \pm 6 ^a	3 \pm 3 ^a	1 \pm 5 ^a	3 \pm 24 ^a	8 \pm 3 ^a
C18	867 \pm 659 ^a	73 \pm 18 ^a	¹ 58 \pm 48 ^a	72 \pm 22 ^a	63 \pm 9 ^a	63 \pm 20 ^a
C18:1	2640 \pm 2018 ^a	81 \pm 48 ^a	99 \pm 38 ^a	133 \pm 56 ^a	124 \pm 36 ^a	134 \pm 55 ^a
C18:2	450 \pm 383 ^a	59 \pm 43 ^a	24 \pm 11 ^a	67 \pm 52 ^a	58 \pm 25 ^a	40 \pm 25 ^a
C18:3	2 \pm 8 ^a	3 \pm 0,5 ^a	16 \pm 9 ^a	0,6 \pm 0,5 ^a	8 \pm 3 ^a	1 \pm 0,5 ^a
C20:1	1 \pm 0,9 ^a	1 \pm 1 ^a	3 \pm 2 ^a	2 \pm 1 ^a	3 \pm 2 ^a	2 \pm 1 ^a
C20:4	8 \pm 5 ^a	15 \pm 9 ^a	9 \pm 5 ^a	16 \pm 12 ^a	14 \pm 6 ^a	9 \pm 7 ^a
Lomos Curados Secados						
C 14	6 \pm 5 ^a	4 \pm 3 ^a	² 5 \pm 1 ^a	7 \pm 7 ^a	4 \pm 3 ^a	4 \pm 3 ^a
C16	20 \pm 15 ^a	100 \pm 80 ^a	117 \pm 22 ^a	114 \pm 70 ^a	134 \pm 81 ^a	93 \pm 92 ^a
C16:1	29 \pm 19 ^a	10 \pm 9 ^a	13 \pm 7 ^a	11 \pm 9 ^a	13 \pm 9 ^a	13 \pm 12 ^a
C17	3 \pm 2 ^{ab}	3 \pm 0,9 ^a	3 \pm 2 ^a	4 \pm 2 ^a	2 \pm 0,6 ^a	2 \pm 0,8 ^a
C17:1	13 \pm 12 ^a	1 \pm 0,7 ^a	2 \pm 1 ^a	2 \pm 2 ^a	1 \pm 0,5 ^a	1 \pm 0,7 ^a
C18	867 \pm 659 ^a	79 \pm 39 ^a	² 82 \pm 10 ^a	85 \pm 32 ^a	81 \pm 35 ^a	51 \pm 45 ^a
C18:1	2640 \pm 2018 ^a	131 \pm 124 ^a	124 \pm 10 ^a	116 \pm 73 ^a	191 \pm 119 ^a	162 \pm 155 ^a
C18:2	450 \pm 383 ^a	49 \pm 43 ^a	48 \pm 22 ^a	33 \pm 29 ^a	64 \pm 29 ^a	48 \pm 49 ^a
C18:3	2 \pm 0,8 ^a	2 \pm 0,8 ^a	2 \pm 1 ^a	19 \pm 9 ^a	0,8 \pm 0,4 ^a	1 \pm 0,7 ^a
C20:1	1 \pm 0,9 ^a	2 \pm 2 ^a	2 \pm 1 ^a	3 \pm 3 ^a	3 \pm 3 ^a	3 \pm 2 ^a
C20:4	8 \pm 5 ^a	15 \pm 13	12 \pm 7 ^a	10 \pm 7 ^a	16 \pm 12 ^a	13 \pm 11 ^a

El contenido graso intramuscular no mostró diferencias significativas en las dos tecnologías utilizadas ni en cuanto a las diferentes etapas de elaboración comportándose los resultados de modo similar a lo observado por Jurado (2005) pero con una tendencia distinta a los resultados encontrados por Andrés (2002) y Muriel (2003) que han observado una disminución del contenido lípidico en el producto final, y han asociado este comportamiento a fenómenos de oxidación, aunque también puede deberse a una mayor dificultad para extraer los lípidos debido a los cambios en la matriz proteica de las muestras. Esto puede haberse evitado en este trabajo debido a que la muestra ha sido liofilizada y la grasa extraída y marcada directamente permitiendo una mejor determinación.

El fraccionamiento de la grasa muestra que la fracción de los lípidos neutros es la mayor de la grasa intramuscular, en orden de 80%, la fracción de los lípidos polares que es la minoritaria se encuentra cerca del 5% y los ácidos grasos libres están en torno al 15%.

En las Tablas IV.34, 35 y 36 se puede observar las variaciones verificadas en los sumatorios de los ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGM) y ácidos grasos poliinsaturados (AGP), de las fracciones de los lípidos neutros (triglicéridos), ácidos grasos libres y lípidos polares (fosfolípidos), a lo largo del proceso de elaboración, en las dos tecnologías.

En cuanto al contenido de lípidos neutros tanto en AGS, (4953mg/100g en fresco a 2254mg/100g en producto final), AGM (6357mg/100g en fresco a 3176mg/100g en producto final) y en AGP (688mg/100g en fresco a 272mg/100g en producto final) se observó una tendencia descendente a lo largo de la maduración en la tecnología de ahumado en cuanto al contenido de lípidos neutros en la tecnología de secado en AGS, (4953mg/100g en fresco a 1520mg/100g en producto final), AGM (6357mg/100g en fresco a 2202mg/100g en producto final) y en AGP (688mg/100g en fresco a 226mg/100g en producto final) se observó también una tendencia descendente a lo largo de la maduración, lo que sugiere una degradación de los lípidos neutros.

Los cambios en la fracción de lípidos neutros registrados durante el procesado se atribuyen principalmente a fenómenos de lipólisis. Otros autores han descrito procesos de oxidación directa de la fracción de lípidos neutros que

parecen ser menos importantes por su susceptibilidad en comparación con la fracción de lípidos polares y ácidos grasos libres, debido a tener una menor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados y su localización en el interior de grandes vacuolas intracelulares en los adipocitos impediría la exposición a elementos prooxidantes, como el hierro hemínico (revisado por Ruiz y López-Bote, 2002; Muriel, 2003; Jurado, 2005).

Existen datos contradictorios respecto a la participación de los lípidos neutros en los fenómenos de lipólisis, durante la maduración. Algunos autores no han encontrado descensos significativos en esta fracción en jamón curado (Buscailhon y col., 1994; Cava y col., 2003) o en lacón gallego (Veiga y col., 2003) por el contrario, Díaz y Garcia-Regueiro, (1991), Antequera y col, (1992,1993b) y Andrés y col., (2005) si han observado esta disminución en jamón ibérico. En lomo curado, Hernández y col. (1999), no encontraron descensos significativos en los lípidos neutros, durante el procesado mientras que Muriel (2003) observó una disminución significativa de la fracción de los lipidos neutros.

La fracción de ácidos grasos libres presentó valores de AGMI ligeramente mayores que los AGS siendo los AGP los minoritarios en esta fracción, tanto en fresco como en producto final, estos resultados no coinciden con los de Jurado, (2005) y Andrés (2002) que encontraron valores de AGS mayores que los AGM seguidos de los AGP. Sin embargo otros autores encontraron valores de AGP mayoritarios en esta fracción (revisado por Toldrá y col., 1997; Jurado, 2005).

La suma de los ácidos grasos libres permitió observar cambios en la composición cuantitativa, sufriendo un incremento en la etapa de post-salado e inicio de secadero en las dos tecnologías de ahumado y secado, seguido de una disminución a la mitad de secadero y en producto final, concordando con la evolución de esta fracción en jamón curado observada por Andrés (2002) en cuanto Jurado (2005) solamente verificó un incremento en el secadero.

La fracción de lipidos polares presentó los AGS similares a los AGM, y con cantidades aproximadamente cinco veces más pequeñas los AGP, desde el producto fresco hasta el producto final. Jurado (2005) presentó un perfil similar a este en el jamón curado mientras que en producto fresco el perfil

presentado por este autor mostraba como mayoritarios los AGP, seguido de los AGS y al fin los AGM.

Los lípidos polares presentan cantidades prácticamente constantes y los lípidos neutros varían su cantidad dependiendo del contenido de grasa intramuscular, de forma que el aumento del contenido de grasa intramuscular implica una elevada cantidad de lípidos neutros, en consecuencia los ácidos grasos mayoritarios de la fracción de lípidos neutros AGM y AGS aparecen en mayor proporción en la grasa intramuscular que los ácidos grasos de los lípidos polares (AGP). Muriel (2003) encontró que la contribución a los ácidos grasos libres puede ser cuantitativamente más importante que la fracción de lípidos polares, cuando la grasa intramuscular es elevada. Por lo tanto, en músculos magros, el perfil de ácidos grasos libres será similar al de los lípidos polares, mientras que en músculos con más grasa intramuscular, el perfil será similar a los lípidos neutros.

Tabla IV.34: Sumatório de los ácidos grasos saturados en las distintas fracciones (AGL) Ácidos grasos libres, (TRIG) triglicéridos, (FOSF) Fosfolípidos, expresado en mg/100g de muestra seca en lomos ahumados (Ah) y lomos secados (S) en las diferentes etapas de procesado.

Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. S (secado), Ah (ahumado).

Σ AGS	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	PF
AGL Ah	1191	684	781	1485	779	559
AGL S	1191	874	1616	1797	1016	493
TRIG Ah	4953	2652	2623	4336	2384	2254
TRIG S	4953	2553	3889	5979	3138	1520
FOSF Ah	293	161	254	185	172	167
FOSF S	293	186	207	209	221	151

Tabla IV.35: Sumatório de los ácidos grasos monoinsaturados en las distintas fracciones (AGL) Ácidos grasos libres, (TRIG) triglicéridos, (FOSF) Fosfolípidos, expresado en mg/100g de muestra seca en lomos ahumados (Ah) y lomos secados (S) en las diferentes etapas de procesado.

Significado de símbolos y abreviaturas en la Tabla IV.34

Σ AGM	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	PF
AGL Ah	1432	730	1048	1884	987	638
AGL S	1432	1074	1934	2087	1191	577
TRIG Ah	6357	3957	4332	6565	3720	3176
TRIG S	6357	3228	5533	8347	4612	2206
FOSF Ah	253	89	113	145	139	146
FOSF S	253	138	141	132	200	178

Tabla IV.36 Sumatório de los ácidos grasos poliinsaturados en las distintas fracciones (AGL) Ácidos grasos libres, (TRIG) triglicéridos, (FOSF) Fosfolípidos, expresado en mg/100g de muestra seca en lomos ahumados (Ah) y lomos secados (S) en las diferentes etapas de procesado.

Significado de símbolos y abreviaturas en la Tabla IV.34

Σ AGP	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	PF
AGL Ah	138	70	124	150	78	48
AGL S	138	107	125	186	83	47
TRIG Ah	688	381	407	584	259	272
TRIG S	688	323	389	723	375	226
FOSF Ah	55	77	49	83	75	51
FOSF S	55	65	62	52	86	53

IV – 5 Compuestos volátiles

El estudio del perfil de compuestos volátiles del lomo curado ahumado y del lomo curado seco se ha determinado en parte central de la pieza para identificar los compuestos volátiles en la parte interior del lomo.

En la Fig IV.19 se expone uno de los cromatogramas que permitió identificar los picos de los compuestos volátiles de un lomo curado ahumado, mostrando los picos típicos encontrados en este tipo de productos.

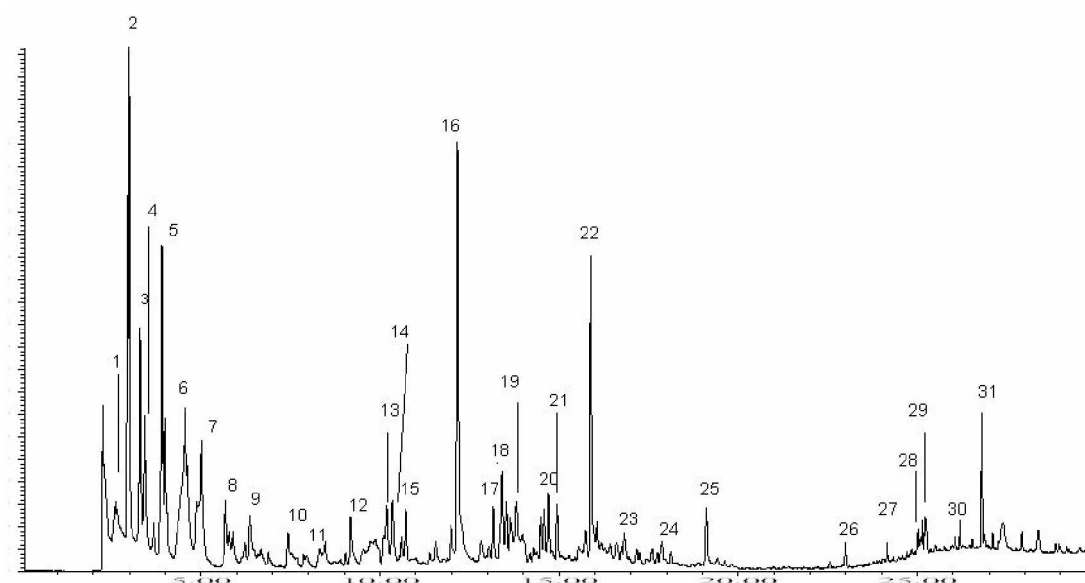


Figura IV.19: Cromatograma de compuestos volátiles obtenido en SPME-CG-MS del interior del lomo curado ibérico elaborado con la tecnología de ahumado en el producto final.

Leyenda:

1 –pentano	8 -3-metilbutanal	15 – nonato-3-metil	22 - bencenoacetaldehido
2 - etano	9 – 1-butanol	16 – heptanal	23 – fenol-2-metil
3 - 2-propanona	10 – 1-butanol-3-metil	17 – 1-3-diclorobenceno	24 - ciclohexano
4 – acetato de metilo	11 – Ac. Butanoico	18 – limoneno	25 - dodecano
5 – disulfuro de carbono	12 – Hexanal+octano	19 – fenol	26 - tridecano
6 - Ac, acético	13 - nonano +4-metil	20 – 5-metil decano	27 - tetradecano
7- 2-butanona	14 – nonano-2- metil	21 – 2- metil decano	28 - pentadecano

Los lípidos y el contenido en agua influyen marcadamente sobre las reacciones de formación de compuestos implicados en el olor y flavor (Mottram y Whitfield,

1995; Schieberle y Hofmann, 1998; Elmore y col., 2002). Además, los componentes mayoritarios afectan considerablemente a las técnicas de extracción. Así, Carrapiso (2002) menciona los trabajos de varios autores sobre la influencia marcada de los lípidos en la determinación de compuestos volátiles. Por una parte, los lípidos disminuyen el reparto entre la muestra y el espacio cabeza de algunos compuestos volátiles y por otra, la mayoría de los compuestos identificados en estos estudios provienen de reacciones de oxidación lípida, por lo que es el equilibrio entre los distintos factores implicados el que determina la abundancia de los compuestos volátiles.

El lomo curado es una pieza muscular íntegra, en que la estructura muscular se mantiene prácticamente intacta embutida en la tripa. En esas condiciones existen barreras que pueden interferir en la difusión de los compuestos a través de la grasa intramuscular y las capas de tejido conectivo que envuelven el músculo (epimisio), los fascículos musculares (perimisio) y las fibras musculares individuales (endomisio) y que están constituidas principalmente por fibras de colágeno, (Muriel, 2003) y también a través de la tripa.

Sin embargo en los trabajos de Muriel (2003) se observó que el perfil de los compuestos volátiles es similar en el exterior y en el interior del lomo curado de cerdo ibérico, siendo los compuestos derivados de la oxidación lípida, del metabolismo microbiano y de las especias del adobo los encontrados en cantidades más abundantes en la superficie del producto.

En la Tabla IV.37 se exponen las medias de las unidades arbitrarias de área (UAA x 10⁶) de los picos detectados en los lomos curados ahumados y en los lomos curados secados.

Los lomos curados ahumados presentaron mayor número de compuestos volátiles que los lomos curados secados, 72 y 54 compuestos respectivamente. Estos compuestos se clasificaron en 13 familias para facilitar su estudio. Estas familias fueron: ácidos (5 compuestos en los lomos ahumados) y (2 compuestos en los lomos secados), hidrocarburos alifáticos (13) y (12), alcoholes (6) y (6), aldehídos (5) y (2), cetonas (7) y (6), compuestos azufrados (7) y (7), compuestos clorados (1), compuestos nitrogenados (6) y (4), ésteres (8) y (7), fenoles (2) y (1), furanos (4) y (1), hidrocarburos aromáticos (3) y (4), y terpenos (6) y (2). El cloroformo se

consideró un compuesto contaminante por lo que no se hace referencia a él en la discusión de los resultados.

De los compuestos distintos detectados en los lomos curados ahumados y en los lomos curados secados, se destacan fundamentalmente los ácidos, en especial la gran abundancia del ácido acético, descrito por Mateu y col. (1997), como procedente de la degradación térmica de la lignina y en los compuestos fenólicos, furanos, alcoholes, hidrocarburos aromáticos y terpenos. Ruiz y col., (1998 y 2001) encontraron, en jamón ibérico, abundante cantidad de ácido acético aunque este producto no es ahumado ni adobado con pimentón y ajo. Se puede explicar la existencia de este compuesto en tiempos de curado más cortos debido a que el ácido acético es el precursor de algunos esteres, como el 2-metil-propil-acetato, butilacetato y 3-metil-1-butanol acetato, apareciendo estos compuestos y desapareciendo el ácido acético, como ha observado Ruiz(1996) en jamón con tiempos de curado de 420 y 600 días mucho más largo, que los de los lomos de este trabajo de 150 días de cura o el en lomo curado descrito por Muriel (2003) que de modo similar a este trabajo ha encontrado también el ácido acético en tiempos de curado proximos a 100 días.

Las diferencias en la formulación del adobo, utilizando la salmuera para la tecnología de ahumado y la sal sólida para la tecnología de secado, permite una penetración de los ingredientes distinta, por lo que se puede observar una mayor concentración de algunas sustancias en los lomos ahumados que en los lomos secados como por ejemplo el dialildisulfuro (esencia del ajo) y también se observan diferencias en los compuestos procedentes del pimentón como el ácido acético, fenoles y aldehídos ramificados (Mateu y col 1997) y en los terpenos de la pimienta y del pimentón, entre ellos el alfa-pineno y el alfa-terpeno.

En este trabajo se evidencia una concentración superior de los compuestos típicos del humo y del número de compuestos volátiles bastante superior en los lomos procesados con la tecnología de ahumado que en los lomos procesados con la tecnología de secado. En el grupo de alcoholes es evidente la gran cantidad encontrada en los lomos ahumados, aunque el 3-metil-butanol, el 2-metil-butanol y el pentanol solamente se encuentran en los lomos secados.

La familia de los aldehídos también presenta mayores cantidades en los lomos ahumados, el 3-metil butanal y el bencenoacetaldehído se identificaron solamente en los lomos ahumados y el heptanal se encuentra en mucho mayor cantidad en estos lomos. Las cetonas están más concentradas y la 2-butanona está en mayor cantidad en los lomos ahumados. Según Cava y Andrés (2001) los compuestos del humo intervienen a nivel del sabor del producto ahumado pero su acción principal es a nivel de la coloración. Esta acción resulta de la interacción de ciertos componentes del humo con las proteínas de la carne y la sedimentación de sustancias colorantes de los compuestos volátiles del grupo de los fenoles, los cuales sufren un oscurecimiento por polimerización u oxidación. Además podría atribuirse este oscurecimiento durante el ahumado a las reacciones de pardeamiento no enzimático o reacciones de Maillard (Möhler, 1980).

Los compuestos azufrados también están en más cantidad en los lomos ahumados. El propenildisulfuro (dialildisulfuro) compuesto del ajo, está en mayor cantidad en los lomos ahumados, probablemente debido al adobo por salmuera, que permite mayor penetración de este compuesto al interior de la pieza. El dimetildisulfuro, metil-2-propenil-disulfuro, ácido 3-(aliltio)-propanoico y la mayor parte de estos compuestos proceden del ajo (Muriel, 2003) aunque algunos también han sido detectados en el jamón curado (Ruiz y col., 2002), por lo que su origen no está claro.

Los compuestos nitrogenados están ligeramente en mayor cantidad en los lomos ahumados. También la familia de los ésteres y de los hidrocarburos aromáticos son ligeramente más elevados en los lomos ahumados. Los compuestos de anillos bencénicos en productos curados se han asociado a procesos de ahumado (Berdagué y col., 1993).

Los fenoles se encuentran en diez veces más concentración en los lomos ahumados que en los lomos secados así como la familia de los furanos está mucho más concentrada en los lomos ahumados y también los terpenos.

Tabla IV.37: Relación de compuestos volátiles detectados en localización interior del lomo curado ibérico (expresado en UAA X 10⁶) (Conf.:EM espectro de masas; IK índice de Kovats).

IK	Conf.	COMPUESTOS	Ahumado UAA (x10 ⁶)	Secado UAA (x10 ⁶)
592	EM IK	Ácido acético	153,22	-
751	EM IK	Ácido 2-metilpropanoico	4,21	-
776	EM IK	Ácido butanoico+2,3-butanediol	2,39	9,16
1147	EM IK	Ácido octanoico	9,66	-
1556	EM IK	Ácido dodecanoico	2,14	2,07
		Σ ÁCIDOS	171,62	11,23
500	EM IK	Pentano	39,3	10,6
553	EM IK	2-metilpentano(ac.acetico mertil ester)	4,6	-
577	EM IK	3-metilpentano	84,9	-
700	EM IK	Heptano	7,91	11,26
800	EM IK	Octano	73,71	75,07
900	EM IK	Nonano	6,67	2,62
996	EM IK	Alcano ramificado	15,60	6,29
1000	EM IK	Decano	87,44	27,06
1100	EM IK	Undecano	49,76	12,04
1200	EM IK	Dodecano	10,82	4,85
1300	EM IK	Tridecano	-	1,22
1400	EM IK	Tetradecano	3,79	0,68
1500	EM IK	Pentadecano	8,87	5,78
1600	EM IK	Hexadecano	14,04	2,86
		Σ HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS	407,41	160,33
517	EM IK	Etanol	86,0	-
547	EM IK	Propanol+2-metilpropanal	13,3	-
621	EM IK	2-metilpropanol	198,89	9,62
630	EM IK	2-metoxietanol	323,15	21,76
658	EM IK	1-butanol+2-metilbutanal+benceno	-	8,75
680	EM IK	1-penteno -3-ol	90,05	-
735	EM IK	3-metil-1-butanol	-	2,57
739	EM IK	2-metil-1-butanol	-	2,57
766	EM IK	1-pentanol	-	0,62
887	EM IK	Ciclohexanol	16,20	-
		Σ ALCOHOL	727,59	45,89
649	EM IK	3-metilbutanal	32,79	-
795	EM IK	Hexanal	21,48	19,04
902	EM IK	Heptanal	131,47	13,75
1004	EM IK	Octanal	1,92	-
1050	EM IK	Bencenoacetaldehído	22,15	-
		Σ ALDEHÍDOS	209,91	32,79
597	EM IK	2-butanona	130,42	-
663	EM IK	1-hidroxi-2-propanona	-	21,83
672	EM IK	2-pentanona	22,76	7,47
687	EM IK	2-pentanona+áci. Propanoico	22,23	3,42
710	EM IK	3-hidroxi-2-butanona	26,16	7,82
754	EM IK	2-metil-2-pentanona	2,53	-
787	EM IK	Ciclopentanona	6,90	9,36
988	EM IK	3-octanona	17,98	2,51
		Σ CETONAS	228,98	52,41
608	EM IK	Propanotiol	34,15	36,48

637	EM IK	Propenilsulfuro(metiltiirano)	20,65	14,89
697	EM IK	Metil alil sulfuro	13,32	-
725	EM IK	(z)-1-(metiltio)-propeno	29,57	-
738	EM IK	(z)-3-(metiltio)-propeno	-	2,21
791	EM IK	Metil alil	17,54	17,01
861	EM IK	3,3-(tiobis)-propeno alil disulfuro	-	8,28
923	EM IK	metil-2-propenil-disulfuro	-	5,80
1085	EM IK	dipropenildisulfuro(dialildisulfuro)	9,45	1,70
1104	EM IK	ácido 3-(aliltio)-propanoico	10,21	-
		Σ COMPUESTOS AZUFRADOS	134,89	86,97
615	EM IK	Cloroformo	-	15,43
		Σ COMPUESTOS CLORADOS	-	15,43
713	EM IK	Piridina (dimetildisulfuro)	9,03	-
732	EM IK	3-metilbutanonitrilo	-	5,26
744	EM IK	1- metil-1-H- pirrol	15,71	20,96
756	EM IK	1-(H)-pirrol	3,78	3,41
915	EM IK	2,6-dimetilpirazina	11,45	8,27
1006	EM IK	Trimetilpiracina	5,29	-
1086	EM IK	Tetrametilpiracina	12,60	-
		Σ COMPUESTOS NITROGENADOS	57,86	37,90
612	EM IK	Acetato de etilo	36,22	12,60
714	EM IK	2-etoxietanol/propanoatodeetilo	22,11	-
760	EM IK	Propanoato de 2-metiletilo	9,33	-
796	EM IK	Butanoato de etilo	-	16,82
809	EM IK	2-hidroxipropanoato de etilo	30,99	38,95
849	EM IK	2-metilbutanoato de etilo	31,23	4,17
853	EM IK	3-metilbutanoato de etilo	21,30	7,08
877	EM IK	3-metilbutilacetato	25,05	18,03
998	EM IK	Hexanoato de etilo	-	9,38
1012	EM IK	2-metilpropanoato de 3- metilbutilo	7,69	-
		Σ ÉSTERES	183,92	107,03
979	EM IK	Fenol	12,92	-
1044	EM IK	Fenol-2-metil	27,82	-
1091	EM IK	2-metoxifenol	-	4,53
		Σ FENOLES	40,74	4,53
854	EM IK	2-furanmetanol(furfurilalcohol)	23,63	-
917	EM IK	Butirolactona(dihidro-2(3H)-fura	28,11	-
958	EM IK	Valerolactona(dihidro-5-metil-??	6,35	-
1057	EM IK	5-etildihidro-2-(3H)-furona	17,39	2,50
		Σ FURANOS	75,48	2,50
768	EM IK	Metilbenceno(tolueno)	-	7,93
865	EM IK	Etilbenceno	-	14,77
898	EM IK	1,4-dimetilbenceno(p-xileno)	15,47	-
976	EM IK	1,2,4- trimetilbenceno	34,65	4,20
1114	EM IK	Ciclohexano	4,85	2,95
		Σ HIDROCARBUROS AROMÁTICOS	55,04	29,85
943	EM IK	Alfa-pineno	4,77	1,98
961	EM IK	Canfeno	24,18	-
1018	EM IK	Alfa-trepineno	16,83	2,81
1036	EM IK	l-limoneno	11,32	-
1063	EM IK	Dihidromircenol	12,12	-
1095	EM IK	Linalool	8,57	-
		Σ TERPENOS	77,79	4,79

En resumen, los compuestos volátiles encontrados en los productos cárnicos curados parecen tener varios orígenes, sin embargo Ruiz (1996) en jamón ha apuntado dos como principales, la autooxidación lipídica, que origina carbonilos, alcanos, y en pequeñas proporciones otros como los furanos con repercusiones sobre el aroma. La autooxidación ha sido citada como la principal responsable del origen de los compuestos volátiles de diferentes productos cárnicos, como embutidos y jamones (Berdagué y col; 1991, Garcia y col., 1991; Monteil, 1991; López y col., 1992).

El otro origen implicará las reacciones de Maillard, y las degradaciones de Strecker sin olvidar los que se forman debido al metabolismo de algunos microorganismos, formando aldehídos ramificados con gran interés, ya que se ha relacionado su presencia y la de alcoholes derivados con aromas a curado en varios productos cárnicos (Monteil, 1991).

IV – 6 Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que tanto en los lomos ahumados como en los lomos secados, solamente se encontraron trazas de los HAPs identificados, como se observa en la Tabla IV.38.

Durante la maduración o almacenamiento sufren deshidratación con posible fotodegradación u oxidación de los HAPs e interacción con otros compuestos presentes en el producto como ya señalamos en el apartado I-6.

Puede contribuir a estos resultados la menor extracción de HAPs, debido a la presencia de diversos compuestos volátiles generados como consecuencia del proceso de maduración y ahumado de estos productos y que son característicos de los mismos (Maga, 1988; Girard, 1991; Guillén y col, 2002; Guillén y col., 2004).

Hay que señalar que, la detección de estos HAPs, no descarta la presencia de otros HAPs distintos con un peso molecular menor al del pireno, como pueden ser derivados de hidrocarburos, debido a las condiciones del método aplicadas, ya que, a la hora de llevar a cabo la detección cromatográfica, se utilizó el modo SIM, lo cual detecta únicamente los iones previamente establecidos, que estaban en el disolución patrón caracterizando los 16 HAPs, imposibilitando la detección de otros HAPs presentes en las

muestras. Sin embargo está suficientemente documentada la presencia de HAPs con pesos moleculares mayores que el pireno, en productos sometidos a la acción del humo (Maga, 1988). En este trabajo en el apartado de los compuestos volátiles se identificaron hidrocarburos policíclicos que no fueron observados posteriormente al utilizar técnica SIM.

Tabla IV.38: Detección de HAPs mediante modo SIM en los lomos curados Ahumados y Secados.

HAP	Abrev.	lón	Ahumados	Secados
Naftaleno	NA	128	Trazas	Trazas
Acenaftileno	ACL	152	Trazas	Trazas
Acenafteno	AC	154	Trazas	Trazas
Fluoreno	FL	166	Trazas	Trazas
Fenantreno	PHE	178	Trazas	Trazas
Antraceno	AN	178	Trazas	Trazas
Fluoranteno	FA	202	Trazas	Trazas
Pireno	PY	202	Trazas	Trazas
Benzo(a)antraceno	BaA	228	Trazas	Trazas
Criseno	CHR	228	Trazas	Trazas
Benzo(b)fluoranteno	BbFA	252	Trazas	Trazas
Indeno(1,2,3-c,d,)pireno	IP	276	Trazas	Trazas
Dibenz(a,h)antraceno	DBahA	278	Trazas	Trazas
Benzo(g,h,i)perileno	BghiP	276	Trazas	Trazas

Leyenda- HAP- Hidrocarburos policíclicos aromáticos; Abrev.- Abreviaturas de los principales HAPs según el SCF (SCF, 2002)

Los volátiles típicos de estos productos originan marcadas competencias con los HAPs a la hora de adsorberse en la fase estacionaria durante el proceso de extracción, especialmente, teniendo en cuenta que la concentración con el resto de compuestos volátiles. La cantidad de grasa y la sal provocan una disminución en la extracción de los HAPs en estas matrices sólidas con estas metodologías (Martín, 2004). Además no pude olvidarse que los lomos son una estructura compacta y que supondría una matriz en la cual la liberación de los HAPs hacia el espacio cabeza estaría muy limitada y como

comentamos ya, lo ahumadero no estaba en la misma cámara donde se encontraban los lomos, disminuyendo la concentración de los compuestos del humo en los productos.

No obstante, no hay que descartar que la extracción de los HAP, mediante SPME directa, consiste en la adsorción y/o absorción de los analitos en la fase estacionaria utilizada. El proceso es muy complejo, ya que se encuentran implicados fenómenos de difusión y de equilibrio de compuestos entre la matriz y las distintas fases. Por otra parte en el momento en que los HAPs penetran en el espacio de la sonda, se originan un nuevo gradiente de concentración debido a la presencia de la fase estacionaria en su interior. Además de las características del analito y de la fase estacionaria, la naturaleza de la matriz analizada constituye otro factor importante que puede afectar en gran medida a la eficacia de extracción mediante microextracción en fase sólida en espacio de cabeza (HSSPME) (Martín, 2004). Las matrices sólidas son las más complejas, debido a que la difusión de los analitos a través de la propia matriz en el establecimiento de los equilibrios en el sistema que puede ser el factor limitante de la velocidad de extracción (Steffen y Pawliszyn, 1996). Todo lo expuesto condiciona que la ausencia de cantidades significativas de HAPs en los lomos ahumados sea debida al proceso de extracción utilizado, a pesar de haber sido utilizado con éxito en productos similares (Martín, 2005).

IV – 7 Análisis físicos

IV – 7-1 – Determinación del color

En las Tablas IV.39 y IV.40 se exponen los resultados correspondientes a la determinación del color de los lomos, en dos planos, transversal y longitudinal, en las tomas de las diferentes etapas de las dos tecnologías, de ahumado y secado. Esta determinación pretende conocer la evolución de los parámetros del color en el sistema CIE $L^*a^*b^*$, a lo largo del procesado, en las dos tecnologías, desde el producto fresco hasta el producto final.

La coordenada L^* (luminosidad) en la determinación transversal varió entre 40,91 en fresco hasta 45,75 en el producto final ahumado y 50,46 en los lomos secados, no presentando diferencias significativas entre las etapas,

salvo en la etapa de adobo y el producto final en los lomos ahumados. En los lomos secados, en este parámetro, las diferencias significativas se producen entre las dos etapas iniciales y el producto final. Entre las dos tecnologías, es a la mitad del medio secadero donde se observan las diferencias significativas.

Las coordenadas a^* (eje rojo-verde) y b^* (eje amarillo-azul) en la determinación transversal presentaron valores de a^* 10,25 en el producto fresco hasta 11,26 en el producto final ahumado y de 10,09 en el producto final secado, presentando diferencias significativas entre los lomos ahumados y los lomos secados en la fase de adobo. Los valores de b^* variaron de 2,20 en fresco hasta 4,25 en el producto final ahumado y de 1,69 en el producto final secado. Presentando las dos tecnologías diferencias significativas en las etapas de adobo y en las etapas de secadero.

Las magnitudes derivadas C (saturación o intensidad del color) en los lomos ahumados variaron de 10,49 en producto fresco hasta 12,04 y H° (ángulo de Hue, tono) variaron de 12,11 hasta 20,68.

Las magnitudes derivadas C en los lomos secados variaron de 10,39 en producto fresco hasta 10,23 y H° (ángulo de Hue, tono) variaron de 12,11 hasta 9,51

La coordenada L^* en la determinación longitudinal varió entre 41,01 en fresco hasta 43,22 en el producto final ahumado y 49,34 en los lomos secados, presentando diferencias significativas entre las etapas finales del proceso en las dos tecnologías. En los lomos secados, en este parámetro, las diferencias significativas se observan entre la etapa inicial y el producto final. Entre las dos tecnologías, es en la mitad de secadero donde se observan diferencias significativas.

Las coordenadas a^* y b^* en la determinación longitudinal presentaron valores de a^* 10,26 en el producto fresco hasta 12,25 en el producto final ahumado y de 10,66 en el producto final secado, presentando diferencias significativas entre los lomos ahumados y los lomos secados en la fase de adobo y inicio de secadero. Los valores de b^* variaron de 1,65 en fresco hasta 6,68 en el producto final ahumado y de 1,75 en el producto final secado. Presentando las dos tecnologías diferencias significativas en las etapas de adobo y en las etapas de secadero.

Las magnitudes derivadas C en los lomos ahumados variaron de 10,39 en producto fresco hasta 13,95 y H° (ángulo de Hue, tono) variaron de 9,14 hasta 28,60.

Las magnitudes derivadas C en los lomos secados variaron de 10,39 en producto fresco hasta 10,80 y H° (ángulo de Hue, tono) variaron de 9,14 hasta 9,11

La coordenada luminosidad (L*) esta influida por la humedad, capacidad de retención, pH, la integridad de la estructura muscular y también el grado de oxidación de los pigmentos hemínicos e incluso por contenido en grasa intramuscular. La coordenada b* parece estar influida por el contenido graso puesto que la grasa intramuscular aporta “componentes amarillos” a la medición del color (Pérez-Álvarez y col., 1998). La coordenada a* y la magnitud C esta influida por la cantidad de mioglobina de la carne debido a la relación entre estos parámetros (Warris y col., 1990; Johanson y col., 1991; Estévez y col., 2003).

Son escasos los estudios de color en lomos curados y aún menos los que acompañan el procesado, por comparación con los estudios de Muriel (2003) en los lomos frescos encontró valores de L* ligeramente superiores a los nuestros en las estirpes estudiadas, los más próximo corresponde a la estirpe Lampiño bastante semejantes a los nuestros, en cuanto a las coordenadas a* y b* los valores encontrados por Muriel (2003), son también un poco superiores, solamente en la estirpe Torbiscal se igualó a los nuestros. Igualmente en los C y H° los valores encontrados por Muriel son ligeramente superiores a los nuestros en la C y los valores de H° el doble de los encontrados por nosotros.

En este trabajo determinamos los parámetros de color en dos planos de corte, el transversal y el longitudinal, no observandose valores diferentes. A lo largo del procesado los lomos van acentuando el color en las dos tecnologías, producido por una disminución del agua libre en el magro y la ocurrencia simultánea de una oxidación de los lípidos y de reacciones de Maillard, en que se generan compuestos coloreados. Además, se observó una correlación entre el contenido en cloruro sódico y el color del magro, probablemente debido a que el cloruro sódico acelera las reacciones de oxidación, por lo que facilitaría la formación de compuestos coloreados (Carrapiso, 2002).

Tabla IV.39: Valores de CIE L*a*b*, saturación de color (C) y tinte (H°) de los lomos en corte transversal.

Los valores expresan la media ± error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas (P≤0,05); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre columnas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre filas. [Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado]

	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	Pf
Lomos Curados Ahumados						
L*	40,91±4,55 ^{ab}	37,59±4,44 ^a	43,39±1,95 ^{ab}	43,35±2,96 ^{ab}	¹ 38,37±1,79 ^{ab}	45,75±11,19 ^b
a*	10,25±1,50 ^a	¹ 13,56±2,04 ^a	11,99±1,78 ^a	10,25±0,95 ^a	10,71±0,86 ^a	11,26±3,72 ^a
b*	2,20±1,45 ^a	¹ 8,11±1,51 ^c	4,49±1,47 ^b	¹ 3,49±1,18 ^{ab}	¹ 3,36±0,85 ^{ab}	4,25±2,51 ^{ab}
C	10,49	15,80	12,80	10,83	11,22	12,04
H°	12,11	30,82	20,53	18,80	17,42	20,68
Lomos Curados Secados						
L*	40,91±4,55 ^a	40,51±4,59 ^a	47,54±7,64 ^{bc}	42,78±3,26 ^{ab}	² 42,33±4,25 ^{ab}	50,46±3,01 ^c
a*	10,25±1,50 ^a	² 11,09±1,04 ^a	10,66±1,94 ^a	10,11±1,15 ^a	9,87±0,97 ^a	10,09±7,57 ^a
b*	2,20±1,45 ^{ab}	² 3,17±1,73 ^{ab}	5,63±1,71 ^b	² 2,06±0,99 ^{ab}	² 1,43±0,85 ^a	1,69±0,54 ^a
C	10,49	11,53	12,06	10,32	9,97	10,23
H°	12,11	15,95	27,84	11,52	8,24	9,51

$$C = [(a)^2 + (b)^2]^{1/2}$$

$$H^{\circ} = \text{atag}(b/a)$$

Tabla IV.40: Valores de CIE L*a*b*, saturación de color (C) y tinte (H°) de los lomos en corte longitudinal.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre columnas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre filas. [Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado]

	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	Pf
Lomos Curados Ahumados						
L*	41,01 \pm 4,83 ^b	37,58 \pm 3,38 ^{ab}	42,96 \pm 3,92 ^b	39,58 \pm 3,52 ^{ab}	¹ 31,74 \pm 7,56 ^a	43,22 \pm 10,09 ^b
a*	10,26 \pm 1,27 ^a	¹ 13,49 \pm 1,17 ^a	11,69 \pm 1,31 ^a	¹ 12,43 \pm 0,87 ^a	12,23 \pm 2,86 ^a	12,25 \pm 2,24 ^a
b*	1,65 \pm 1,29 ^a	¹ 6,69 \pm 1,85 ^c	4,56 \pm 0,82 ^{ab}	¹ 5,07 \pm 1,17 ^{ab}	¹ 4,16 \pm 1,19 ^b	6,68 \pm 2,95 ^c
C	10,39	15,06	12,55	13,42	12,91	13,95
H°	9,14	26,38	21,31	22,19	18,79	28,60
Lomos Curados Secados						
L*	41,01 \pm 4,83 ^a	39,53 \pm 3,42 ^a	47,97 \pm 8,00 ^b	40,59 \pm 3,60 ^a	² 40,50 \pm 3,93 ^a	49,34 \pm 4,04 ^b
a*	10,26 \pm 1,27 ^a	² 11,51 \pm 1,00 ^a	10,28 \pm 2,00 ^a	² 11,34 \pm 1,24 ^a	10,57 \pm 1,45 ^a	10,66 \pm 3,25 ^a
b*	1,65 \pm 1,29 ^a	² 1,92 \pm 1,14 ^a	5,84 \pm 2,32 ^a	² 2,09 \pm 0,94 ^a	² 1,49 \pm 0,57 ^a	1,71 \pm 1,85 ^a
C	10,39	11,67	13,05	11,53	10,67	10,80
H°	9,14	9,47	29,60	10,44	8,02	9,11

Los parámetros CT, CL, H°T, H°L, que son determinados partiendo de los valores base de color (L*, a*, b*,) se correlacionan con los parámetros de la textura salvo la elasticidad. Esto puede entenderse por la estrecha relación que ambas características, color y textura tienen con la estructura muscular y con su contenido en agua.

IV – 7-2 – Evaluación instrumental de la textura

La medida instrumental de la textura (Textura Profile Análisis o TPA) a lo largo del proceso de cura de los lomos con las dos tecnologías con ahumado y con secado representada en la (Tabla VI 41) permiten estudiar el efecto de la materia prima sobre la textura.

Tabla IV.41: Valores medidos por análisis de perfil de textura (TPA) y relación con las características sensoriales.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre columnas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre filas. [Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado]

	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	Pf
Lomos Curados Ahumados						
Dureza (g)	10034 \pm 3139 ^b	¹ 731 \pm 203 ^a	¹ 783 \pm 350 ^a	1786 \pm 674 ^a	¹ 2889 \pm 2241 ^a	2023 \pm 1526 ^a
Cohesividad	0,29 \pm 0,04 ^a	¹ 0,47 \pm 0,03 ^{bc}	0,49 \pm 0,03 ^{bc}	0,50 \pm 0,03 ^c	¹ 0,46 \pm 0,04 ^{bc}	0,46 \pm 0,04 ^{bc}
Adhesividad (gxs)	-97,56 \pm 19 ^{ab}	-125,04 \pm 82 ^a	¹ -42,55 \pm 15 ^c	¹ -59,68 \pm 21 ^{bc}	-60,41 \pm 17 ^{bc}	-59,18 \pm 9 ^c
Elasticidad	0,60 \pm 0,11 ^{ab}	0,79 \pm 0,16 ^c	¹ 0,68 \pm 0,08 ^{bc}	¹ 0,66 \pm 0,06 ^{abc}	0,57 \pm 0,07 ^{ab}	0,54 \pm 0,06 ^a
Masticabilidad (g)	1534 \pm 465 ^b	¹ 283 \pm 103 ^a	¹ 261 \pm 109 ^a	598 \pm 263 ^a	¹ 726 \pm 495 ^a	517 \pm 452 ^a
Gomosidad (g)	2753 \pm 795 ^c	¹ 342 \pm 94 ^a	¹ 376 \pm 159 ^a	¹ 921 \pm 321 ^{ab}	¹ 1292 \pm 957 ^b	948 \pm 736 ^{ab}
Fracturabilidad (g)	19,15 \pm 0,47 ^a	9,78 \pm 0,34 ^a	10,09 \pm 0,77 ^a	10,48 \pm 0,62 ^a	2051 \pm 1464 ^b	Nd
Lomos Curados Secados						
Dureza (g)	10034 \pm 3139 ^b	² 1518 \pm 3139 ^a	² 356 \pm 225 ^a	1302 \pm 428 ^a	² 530 \pm 492 ^a	1319 \pm 1059 ^a
Cohesividad	0,29 \pm 0,04 ^a	² 0,42 \pm 0,04 ^b	0,46 \pm 0,02 ^{bc}	0,50 \pm 0,02 ^c	² 0,43 \pm 0,02 ^b	0,46 \pm 0,07 ^{bc}
Adhesividad (gxs)	-97,56 \pm 19 ^a	-101,29 \pm 32 ^a	² -81,27 \pm 29 ^{ab}	² -113,83 \pm 32 ^a	-49,79 \pm 22 ^b	-49,74 \pm 17 ^b
Elasticidad	0,60 \pm 0,11 ^a	0,79 \pm 0,07 ^b	² 0,81 \pm 0,12 ^b	² 0,75 \pm 0,09 ^b	0,51 \pm 0,06 ^a	0,58 \pm 0,12 ^a
Masticabilidad (g)	1534 \pm 465 ^c	² 503 \pm 186 ^b	² 146 \pm 99 ^a	458 \pm 119 ^{ab}	² 138 \pm 101 ^a	354 \pm 282 ^a
Gomosidad (g)	2753 \pm 795 ^b	² 612 \pm 214 ^a	² 167 \pm 104 ^a	² 633 \pm 186 ^a	² 235 \pm 227 ^a	596 \pm 464 ^a
Fracturabilidad (g)	19,15 \pm 0,47 ^a	34,72 \pm 61 ^a	40,84 \pm 83 ^a	10,59 \pm 0,54 ^a	1494 \pm 960 ^b	Nd

A medida que transcurre el procesado y se reduce la humedad relativa del secadero y se produce la deshidratación o salida del agua hacia el exterior mientras la sal migra al interior del músculo, hasta alcanzar el equilibrio. Estos fenómenos ligados a los procesos de desnaturalización proteica y proteolisis son los que van determinar la textura final.

La evolución de la dureza registra un valor grande en el producto fresco que sufre un fuerte descenso en el adobo y a partir de esta etapa hasta al producto final sufre un incremento, presentando diferencias significativas solamente entre el producto fresco y las otras etapas tanto en los lomos ahumados como en los secados, en cuanto las dos tecnologías presentan diferencias significativas en la etapa de adobo, post-salado y inicio y medio secadero. Los lomos ahumados presentan menor dureza en el adobo. Ordóñez (2001) observó que el aspecto de curado y la dureza se correlacionan positiva y significativamente con el grado de desnaturalización proteica y negativamente con la humedad, mientras Ruiz-Carrascal y col. (2000) encontraron correlación entre el contenido en grasa intramuscular y la dureza. La degradación de estructura proteica esta relacionada con el contenido en agua del músculo y la sal, de modo que las modificaciones que se produzcan están relacionadas tanto con fenómenos de desnaturalización intensa como los de proteolisis enzimática (Ordóñez, 2001)

El valor de la cohesividad representa el grado de unión entre las partículas determinando la integridad del músculo. La desnaturalización y proteolisis por efecto de la deshidratación, la sal y la actividad enzimática, van degradando la estructura muscular, a lo largo del proceso, repercutiendo en la cohesividad. Sin embargo como puede verse en la Tabla IV.43 el valor se mantiene relativamente constante en el tiempo, registrando diferencias significativas en las dos tecnologías entre el producto fresco y las otras etapas y entre las tecnologías de ahumado y secado se encuentran diferencias en las etapas de adobo y en medio secadero. En lomos curados no encontramos trabajos comparables, Ordóñez (2001) estudio la textura en jamones curados, y observó valores similares en el semimembranoso, un poco más altos, pero también constantes a lo largo del proceso.

La evolución en el tiempo de los valores de adhesividad en cada tecnología presenta pocas diferencias significativas entre las etapas mientras

que entre las dos tecnologías hay diferencias significativas en las etapas de post-salado y inicio de secadero

La elasticidad del músculo va estar directamente relacionada con la estructura muscular de la fracción miofibrilar y la forma en que se encuentra la actina y miosina. Durante el procesado se produce una progresiva degradación de la estructura miofibrilar del músculo, perdiendo elasticidad, pero ganando rigidez a medida que se produce la deshidratación. Los valores determinados, como puede verse en la Tabla IV.41 muestran diferencias estadísticamente significativas en la etapa de adobo en las dos tecnologías, difiriendo estas en las etapas de post-salado y inicio de secadero.

La masticabilidad es un parámetro dependiente del conjunto de la dureza, cohesividad y la elasticidad de un alimento, definiéndose como el producto de estas. Los valores presentados muestran diferencias estadísticamente significativas en las etapas iniciales en cada tecnología siendo más evidente en la tecnología de secado hasta a la etapa de post-salado. Se registran también diferencias entre las tecnologías de elaboración en las etapas de adobo, post-salado y medio secadero.

La gomosidad es un parámetro dependiente del conjunto de la dureza y cohesividad, definiéndose como el producto de estas. Los valores en fresco tienen valores más altos y presentan diferencias significativas de todas las etapas en las tecnologías de ahumado y secado. En cuanto entre las dos tecnologías hay diferencias significativas en las etapas de adobo, post-salado, y inicio y medio secadero.

La fracturabilidad es una medida de fuerza en la que el alimento se fractura y los valores medidos encontrados no presentaron diferencias significativas entre las etapas en cada tecnología de elaboración hasta la mitad del secadero. En esta etapa si se encontraron diferencias significativas. En el producto final no ha sido posible la determinación. Las dos tecnologías no presentaron diferencias entre ellas.

Como se observa en la Fig. IV.20, los lomos curados ahumados presentan mayor dureza, mayor fuerza de mastigabilidad y en la gomosidad, posiblemente debido a la acción del humo sobre la estructura proteica y la difusión de la sal al interior de la pieza cárnica.

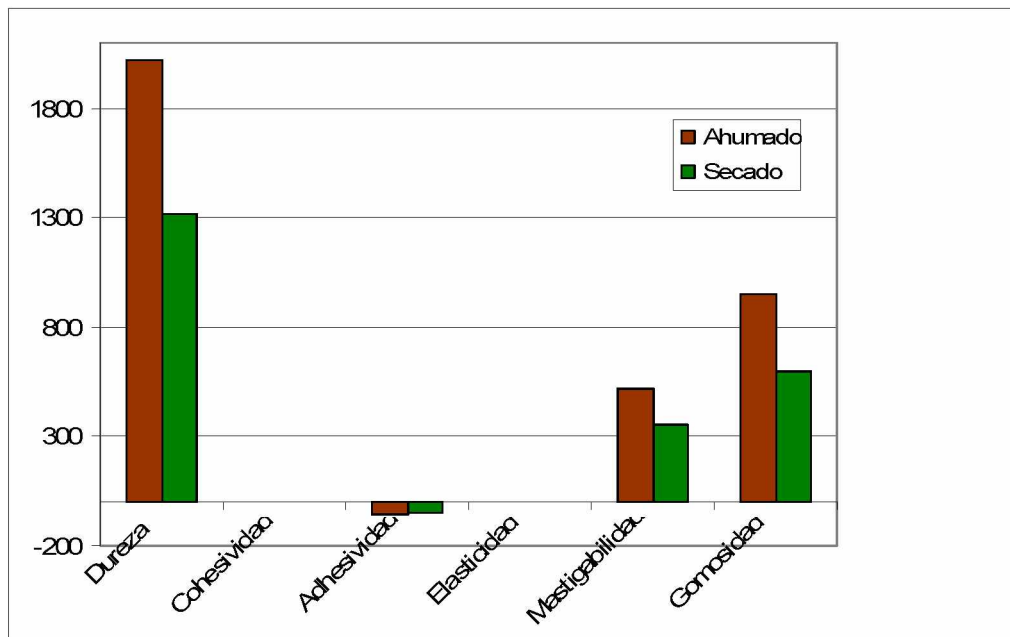


Figura IV.20: Valores medidos por análisis de perfil de textura (TPA) en los lomos curados ahumados y secados.

IV – 8 Evaluación sensorial

A continuación se presentan los resultados de la evaluación sensorial de los lomos curados ahumados y de los lomos curados secados.

En la Tabla IV.42 se exponen las puntuaciones medias y error estándar, del análisis sensorial de los lomos elaborados con las dos tecnologías con humo o secado en cámara, utilizando las cuestiones de la ficha de cata elaborada para estos productos y empleando catadores entrenados.

Tabla IV.42: Evaluación sensorial de los lomos curados ahumados y secados.

Atributo	Sigla	L. C. Ahumados	L. C. Secados
Aspecto del magro rojo (claro/oscuro)	AVAM	3,92±1,55	5,47±1,17
Aspecto del magro brillo (mate/brillante)	AVBR	3,47±1,58	4,96±1,09
Aspecto del veteado (poco/mucho)	AVAV	3,59±1,72	4,56±1,87
Olor – intensidad (poco/mucho)	ODI	4,47±1,37	4,90±1,23
Textura del magro-dureza (poco/mucho)	TD	2,90±1,23	3,24±1,60
Textura del magro- fibrosidad (poco/mucho)	TF	2,80±1,29	2,45±1,15
Textura del magro-jugosidad (poco/mucho)	TJ	2,92±1,38	2,14±1,10
Gusto – salado (poco/mucho)	GS	3,43±1,54	2,82±1,23
Gusto – dulce (poco/mucho)	GD	1,73±1,28	2,93±1,87
Gusto – amargo (poco/mucho)	GA	1,47±0,92	1,80±1,06
Flavor – intensidad (poco/mucho)	FI	4,19±1,44	3,97±1,47
Flavor – rancidez (poco/mucho)	FR	1,27±0,79	1,92±1,52
Flavor – humo (poco/mucho)	FH	2,93±1,85	2,11±1,52
Flavor – picante (poco/mucho)	FP	2,30±1,49	2,70±1,55

Los lomos curados ahumados y secados presentaron ligeras diferencias en las catas. Con respecto al aspecto (Fig.IV.21), los lomos secados presentaron más brillo, color rojo y veteado, si confrontamos las respuestas de los catadores con las determinaciones físicas del color, observamos los valores de a^* , b^* y L^* están de acuerdo con la respuesta de los catadores tanto en el corte transversal como en corte longitudinal.

Los lomos ahumados presentan menos brillo y menos veteado. Está demostrado que tanto el brillo como el veteado son dos características muy relacionadas con el contenido graso (Ruiz y col., 2000), dado que los valores de contenido y composición de la grasa son similares en los dos lotes de lomo es posible que las diferencias observadas sean debidas a que el ahumado enmascara las vetas y las sustancias del humo apagan el brillo.

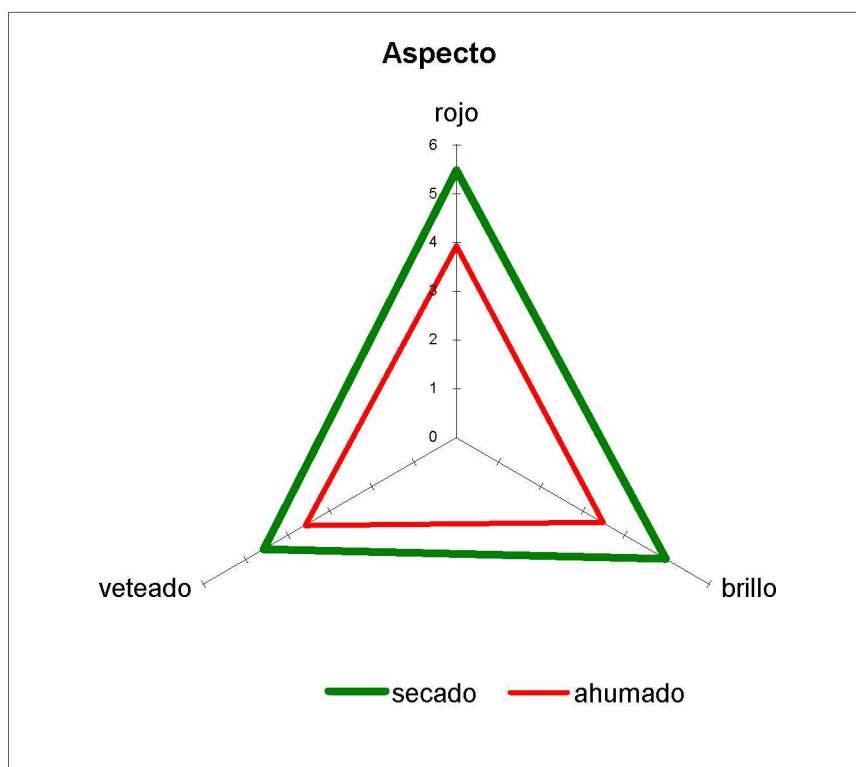


Figura IV.21: Valores medios correspondientes al perfil sensorial respétate al aspecto de los lomos curados ahumados y secados.

Respecto a la textura, se observó que los lomos curados en cualquiera de las tecnologías no mostraron diferencias ni en las determinaciones físicas ni en las catas, sin embargo, en la Fig. IV.22. se puede observar alguna tendencia hacia una mayor dureza, masticabilidad y gomosidad en los lomos ahumados, que posiblemente no muestran diferencias significativas debido a la variabilidad de los valores, aunque los catadores tampoco las identificaron. Solamente la jugosidad de los productos ahumados ha sido evidenciada por los catadores, considerando que esta es debida al estado de lubricación del bolo alimenticio, y que esta lubricación se consigue por dos medios, la liberación durante la masticación, del agua que forma parte del producto (Winger y Hagyard, 1995) y la grasa contenida en el alimento que tiene a su vez un doble efecto, por un lado es estimulante de la secreción salivar y por otro lado la masticación recubre la lengua los dientes y la mucosa bucal favoreciendo la sensación de jugosidad (Dikeman, 1987). En los lomos tratados con humo, este provoca una cierta fusión de la grasa, absorbiendo y disolviendo con más facilidad las sustancias lipofílas del humo (Möhler, 1980) provocando esa sensación.

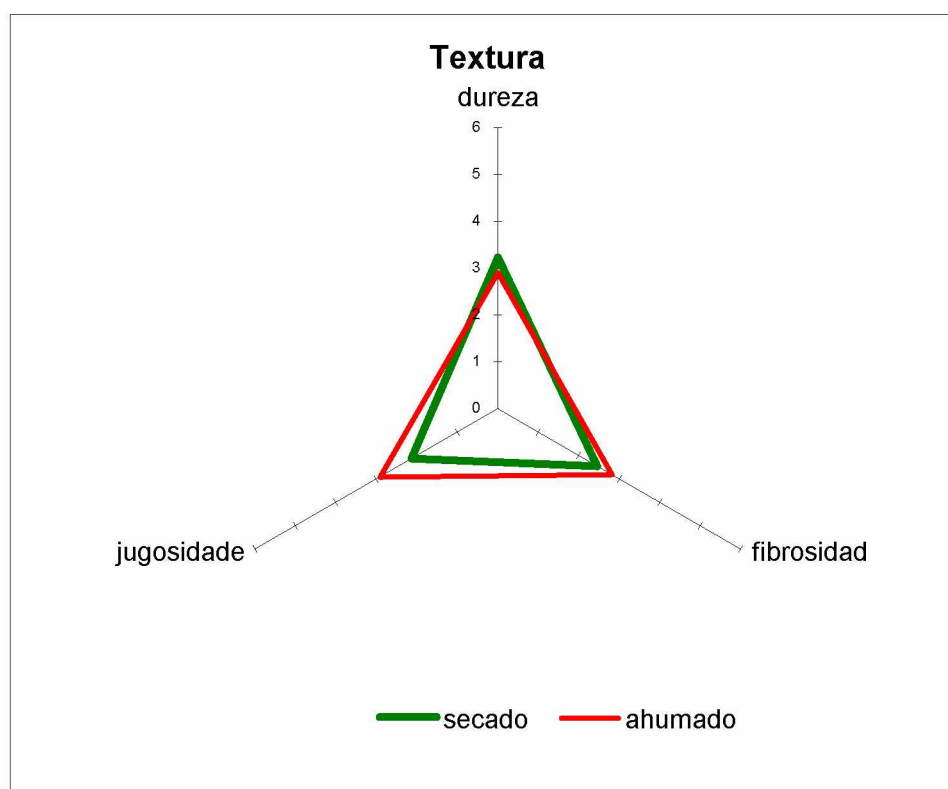


Figura IV.22: Valores medios correspondientes al perfil sensorial respétate al textua de los lomos curados ahumados y secados.

El sabor está determinado por la presencia en el alimento de numerosos compuestos, como el cloruro sódico, aminoácidos, péptidos, nucleótidos, iones inorgánicos, aminas, compuestos sulfurados y nitrogenados (Grill y Flynn, 1987). De acuerdo con las determinaciones físico-químicas los catadores también identificaron los lomos ahumados como los más salados mientras que los secados fueron identificados como más dulces (Fig. IV.23). Carrapiso (2002) concluyo en jamones que el sabor dulce es menor ante contenidos mayores de sal, este hecho explica que concentraciones elevadas de sal dificultan la percepción del sabor dulce, y que pueda deberse a la inhibición que produce la sal sobre la mayoría de las enzimas proteolíticas (Toldrá y Flores, 1998).

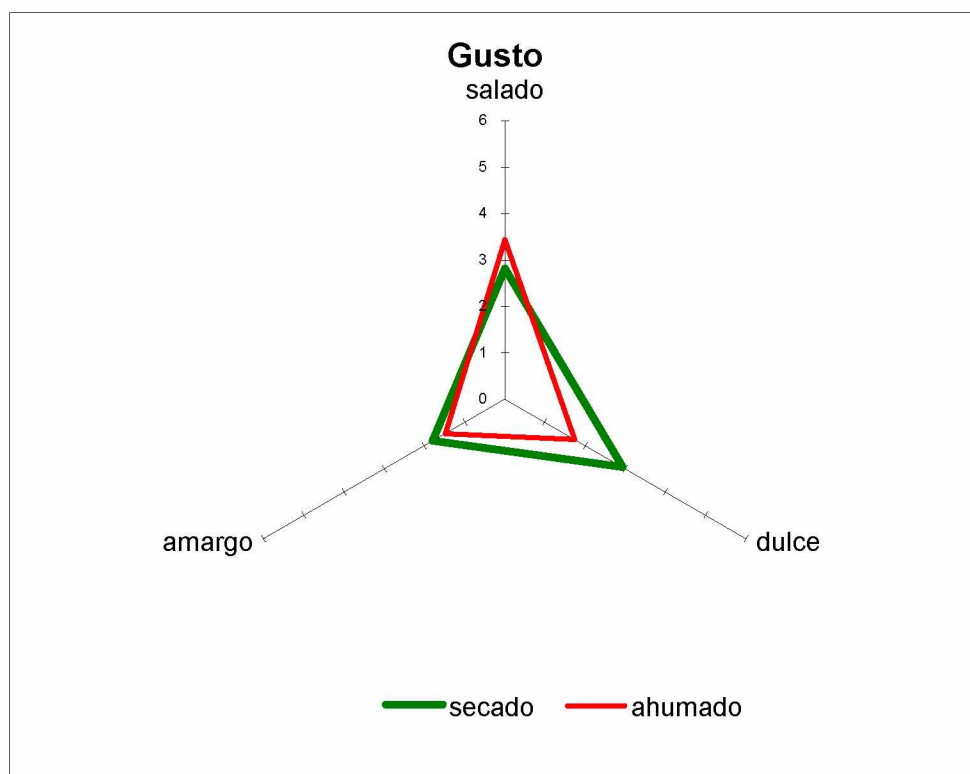


Figura IV.23: Valores medios correspondientes al perfil sensorial respétate al gusto de los lomos curados ahumados y secados.

En Cuanto al olor y flavor (Fig.IV.24) las observaciones en las catas reflejan las propiedades de las determinaciones laboratoriales de este trabajo, identificando los catadores los olores a humo, perfectamente y también el sabor

a rancio de acuerdo con lo determinado en el Índice de TBA, en que los lomos secados presentan mayores valores del TBA, que traduce el índice de rancidez.

Una parte importante de los compuestos volátiles olor-activos de la carne y los productos cárnicos se forman a través de reacciones de oxidación lípida (Ruiz y col, 2002; Carrapiso y col., 2002 a y b) pero en la percepción olfativa de estos compuestos influye además de la liberación de los mismos desde la matriz en que se encuentran. El aroma esta también condicionado por la liberación de los compuestos volátiles en la boca, que llegará al epitelio olfativo por vía retronasal. La liberación de esos compuestos está influida por las modificaciones en la estructura física del alimento y por la intensa acción enzimática que se producen durante la masticación, contribuyendo a definir el perfil de los compuestos volátiles que llegan al epitelio olfativo (Carrapiso, 2002).

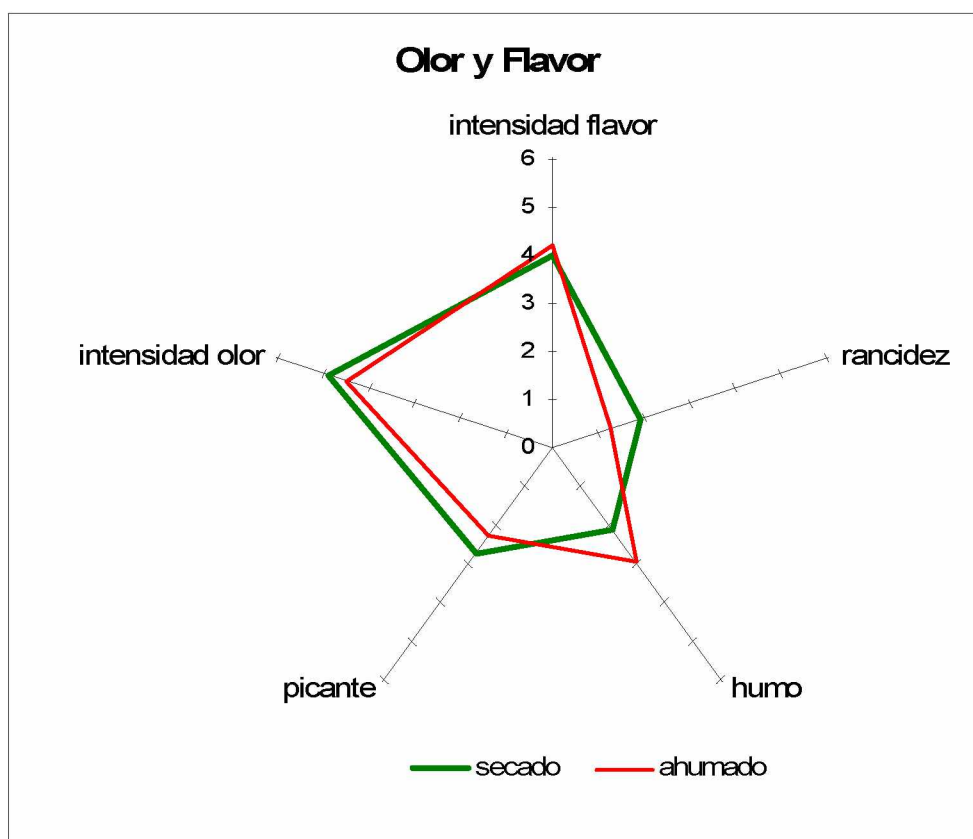


Figura IV.24: Valores medios correspondientes al perfil sensorial respétate al olor y flavor de los lomos curados ahumados y secados.

IV – 9 Determinaciones microbiológicas

IV – 9-1 – Recuentos de microorganismos potencialmente patógenos

El recuento de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, de esporos de Clostrídios sulfito-reductores y de *Salmonella* en los lomos procesados en las dos tecnologías son indicativos de que se encuentran de acuerdo con los límites establecidos por la legislación.

El recuento de *Escherichia coli*, es inferior a 100 ufc/g en fresco y en las etapas siguientes es inferior a 10 ufc/g. Con respecto a los *Staphylococcus aureus* a lo largo de todo proceso en las dos tecnologías los valores fueron inferiores a 10 ufc/g. Los esporos de Clostrídios sulfito-reductores variaron desde menos de una hasta menos de 100 ufc/g en todas las muestras y los recuentos de *Salmonella* han sido siempre negativos en 25g.

Los recuentos de microorganismos mesófilos en la Tabla IV.43 presentaron valores diferentes a lo largo de las etapas de elaboración en las dos tecnologías, y además en la etapa de adobo, en la tecnología de ahumado, probablemente debido a la salmuera los valores de los mesófilos sufren un descenso. La tecnología de secado registra unos recuentos a lo largo del procesado en los que se observa un incremento ligero de microorganismos mesófilos. Las dos tecnologías presentan diferencias estadísticamente significativas en todas las etapas del procesado, siendo la tecnología de secado la que presenta valores más altos de mesófilos. Incluyéndose en este grupo las bacterias lácticas y posiblemente *Micrococcaceas* y microorganismos más o menos deseables, por lo tanto no es un indicador seguro de contaminación.

El recuento de Coliformes presentó en la tecnología de ahumado, un descenso estadísticamente significativo, en la etapa de adobo, manteniéndose bajo hasta el final del proceso en cuanto la tecnología de secado sufre en la etapa de adobo un pequeño incremento que continúa en el post-salado. A partir del secadero sufre un descenso progresivo hasta el final.

La evolución del contenido de coliformes en la tecnología de ahumado esta de acuerdo con la teoría de Hofmann y Scharner, (1980) en la fase de adobo la sal y el nitrito sódico en sinergismo con el pH bajo y la acción

antagónica de las bacterias lácticas, es responsable de la inhibición de estas, mientras que después del ahumado se produce también un descenso debido a la acción letal del humo y el calor. En la tecnología de secado tal descenso no tiene lugar en estas etapas sino en el secadero donde hay un descenso progresivo probablemente debido a la deshidratación.

El recuento de bacterias lácticas en la tecnología de ahumado presentó un incremento significativo en la etapa de ahumado, sufriendo un ligero descenso en secadero, en cuanto a la tecnología de secado se observa, en la etapa, de adobo un significativo incremento que continúa hasta el final del proceso. El humo tiene una acción bacteriostática residual durante el almacenamiento de los productos, acelerando la sustitución de las bacterias lácticas por los micrococos dominantes, al final del ahumado cuyo desarrollo parece ser favorecido pelos compuestos del humo (Girard y Talon 1983).

En las dos tecnologías de elaboración hay diferencias significativas en las etapas de adobo aproximándose en la etapa de post-salado y volviendo a presentar diferencias en las etapas de inicio y mitad secadero. El descenso en adobo se podría explicar fácilmente por la adición de los condimentos en la tecnología de ahumado. Las bacterias lácticas desempeñan una función estabilizadora de las carnes por su desarrollo a temperaturas bajas y por la producción de ácido láctico reduciendo el pH y favoreciendo la formación de sustancias antisépticas (Leistener, 1987; Gibbs, 1987).

El recuento de mohos presentó en las dos tecnologías diferencias significativas a lo largo de lo procesado, pero si se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las dos tecnologías en las etapas de adobo, inicio y mitad de secadero, aunque no se encontraron en el producto final.

El recuento de levaduras, tiene similitudes con el de los mohos, en las dos tecnologías, no hay diferencias significativas a lo largo del procesado en cada tecnología, mientras que entre ellas, en las etapas de adobo, post-salado, inicio de secadero y en el producto final hay diferencias significativas, presentando recuentos más bajos los lomos de la tecnología de ahumado, posiblemente debido a que el humo junto con la sal en la salmuera llegan más fácilmente al interior de la pieza y ejercen su efecto antimicrobiano.

IV – 9-2 – Recuento de microorganismos Mesófilos, Coliformes Totales, Lactobacilos, Mohos y Levaduras

Tabla IV.43: Valores de en log ufc/g.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre columnas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre filas. [Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado]

	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	Pf
Lomos Curados Ahumados						
C.TM30C°	6,52 \pm 0,69 ^{ab}	¹ 4,56 \pm 0,43 ^a	¹ 6,46 \pm 0,78 ^b	¹ 7,07 \pm 0,47 ^{bc}	¹ 6,96 \pm 0,58 ^{bc}	¹ 7,36 \pm 0,89 ^c
C.COT	5,10 \pm 0,59 ^c	¹ 1,00 \pm 0,00 ^a	¹ 2,42 \pm 1,86 ^b	¹ 1,00 \pm 0,00 ^a	¹ 1,00 \pm 0,00 ^a	¹ 1,85 \pm 1,04 ^{ab}
C.BLactic	2,77 \pm 1,09 ^a	¹ 2,15 \pm 0,61 ^a	7,84 \pm 0,72 ^c	¹ 6,23 \pm 0,93 ^b	¹ 6,14 \pm 1,32 ^b	7,27 \pm 1,87 ^{bc}
C.Moho	2,48 \pm 0,79 ^b	¹ 1,66 \pm 0,54 ^{ab}	1,43 \pm 0,78 ^a	¹ 1,60 \pm 0,82 ^a	¹ 1,00 \pm 0,00 ^a	1,27 \pm 0,40 ^a
C.Levedu	4,00 \pm 0,49 ^b	¹ 1,65 \pm 0,92 ^a	¹ 2,22 \pm 1,74 ^a	¹ 1,08 \pm 0,25 ^a	2,35 \pm 1,53 ^a	¹ 1,19 \pm 0,42 ^a
Lomos Curados Secados						
C.TM30C°	6,52 \pm 0,69 ^a	² 7,02 \pm 0,78 ^{ab}	² 7,75 \pm 0,64 ^{bc}	7,76 \pm 1,25 ^{bc}	² 8,31 \pm 0,15 ^c	² 8,17 \pm 0,67 ^c
C.COT	5,10 \pm 0,59 ^{bc}	² 5,52 \pm 0,62 ^c	² 5,71 \pm 0,50 ^c	² 4,06 \pm 1,08 ^{ab}	² 3,92 \pm 1,06 ^a	² 3,27 \pm 0,66 ^a
C.BLactic	2,77 \pm 1,09 ^a	² 4,20 \pm 0,61 ^b	7,26 \pm 0,39 ^c	² 7,32 \pm 0,48 ^c	² 8,14 \pm 0,27 ^d	8,02 \pm 0,44 ^{cd}
C.Moho	2,48 \pm 0,79 ^{ab}	² 3,89 \pm 1,50 ^b	2,68 \pm 1,91 ^{ab}	² 2,70 \pm 1,17 ^{ab}	² 2,10 \pm 0,63 ^a	1,51 \pm 0,80 ^a
C.Levedu	4,00 \pm 0,49 ^b	² 4,21 \pm 0,63 ^b	² 4,40 \pm 0,68 ^b	² 3,65 \pm 0,56 ^{ab}	3,12 \pm 0,43 ^a	² 3,89 \pm 0,77 ^{ab}

Los recuentos de los microorganismos efectuados en medio de Tributirina (Tabla IV44) y que podemos suponer en tratarse de microorganismos lipolíticos, muestran una evolución a lo largo del proceso de elaboración de la tecnología de ahumado sin grandes diferencias, que solamente tienen significado en la etapa de adobo, presentando un descenso debido a la sal y los nitritos de la salmuera. En la tecnología de secado tampoco hay diferencias, registrando un incremento de microorganismos lipolíticos en la etapa de adobo.

Entre las dos tecnologías estos microorganismos muestran recuentos distintos en las etapas de adobo, post-salado y al inicio de secadero, lo que sería de esperar dado los distintos procesos de elaboración, con temperaturas y humedades diferentes debido a la salmuera utilizada en la tecnología de ahumado.

Los recuentos en medio de Manitol Salt Phenol-Red Agar que consideramos pueden ser esencialmente micrococáceas, presentan valores estadísticamente diferentes en fresco y adobado, en relación a otras etapas del proceso, en la tecnología de ahumado, y no se observan diferencias significativas en la tecnología de secado (Tabla IV.44). Al comparar las dos tecnologías, solamente la etapa de adobo y el producto final presentan diferencias significativas, siendo la tecnología de ahumado la que presenta valores de recuentos más altos en el producto final. Dentro de la familia de las micrococcaceae tienen interés especial los micrococcus y staphylococcus que tienen importantes propiedades tecnológicas en embutidos y jamones (Lücke, 1986).

IV – 9-3 – Recuento de microorganismos en Tributirina y en Manitol Salt Phenol-Red Agar

Tabla IV.44: Valores de en log ufc.

Los valores expresan la media \pm error estándar. Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); las letras (^{a b c d ...}) indican diferencias entre columnas y los números (^{1 2 3 4 ...}) entre filas. [Las etapas se expresan con las abreviaturas: Fr (Fresco), Ad (Adobado), Ah/M (Ahumado/Madurado), S1 (30 días de secadero), S2 (65 días de secadero) y Pf (Producto final). Los valores de los músculos en la etapa de fresco son comunes para ambas tecnologías. nd: no determinado]

	Fr	Ad	Ah/M	S1	S2	Pf
	Lomos Curados Ahumados					
C. Tributirina	5,89 \pm 1,43 ^b	¹ 3,89 \pm 0,33 ^a	¹ 5,36 \pm 0,28 ^b	¹ 5,79 \pm 0,41 ^b	5,50 \pm 0,56 ^b	6,02 \pm 0,76 ^b
C. Manitol Salt Phenol-Red Agar	3,75 \pm 0,55 ^a	¹ 3,87 \pm 0,37 ^a	4,97 \pm 0,31 ^b	5,06 \pm 0,52 ^b	5,47 \pm 0,68 ^b	¹ 7,16 \pm 0,73 ^c
	Lomos Curados Secados					
C. Tributirina	5,89 \pm 1,43 ^{ab}	² 6,15 \pm 1,40 ^b	² 6,42 \pm 0,85 ^b	² 4,50 \pm 1,46 ^a	5,19 \pm 0,69 ^{ab}	6,58 \pm 1,08 ^b
C. Manitol Salt Phenol-Red Agar	3,75 \pm 0,55 ^a	² 4,99 \pm 0,89 ^a	4,63 \pm 0,58 ^a	4,66 \pm 1,21 ^a	5,07 \pm 1,11 ^a	² 5,01 \pm 1,36 ^a

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. El lomo curado de cerdo Ibérico elaborado según el método tradicional del Alentejo, utilizando el ahumado, presenta características físico-químicas y sensoriales muy similares al lomo curado secado aunque son destacables una mayor dureza de las piezas y un mayor aroma a humo lo que coincide con un menor grado de degradación proteica y una mayor formación de compuestos volátiles.

2 – A tenor de los resultados obtenidos, parece ser, que las diferencias encontradas entre los dos lotes de lomos se ven más afectadas por la manera de realizar el adobo, apropiado para el tratamiento posterior, que por el propio humo. La salmuera utilizada en los lomos ahumados ha propiciado una penetración de los sales más rápida que en el otro adobo y a su vez esta penetración ha condicionado los cambios bioquímicos relacionados con ella.

3 - Los lomos ahumados presentaran un número de compuestos volátiles superior a los lomos secados, debido a los compuestos del humo, como las familias de los ácidos, alcoholes, aldehídos, cetonas, hidrocarburos alifáticos, fenoles, furanos y terpenos. Este hecho se ve corroborado con los datos del análisis sensorial en los que los panelistas encuentran una mayor intensidad de aroma a humo.

4 – Los lomos procesados por las dos tecnologías presentaron solamente trazas de HPA, no encontrándose éstos en cantidades superiores en los lomos ahumados, como se podría esperar. Esto puede ser debido a la forma de aplicación del humo que no favorece el depósito de estos compuestos en cantidades detectables con la técnica utilizada, aunque si el depósito de otros compuestos volátiles. El otro grupo de compuestos de riesgo potencial para el consumidor como son las sales nitrificantes se encuentran considerablemente incrementados en el caso de los lomos ahumados pero cumplen por completo las normas de seguridad.

5 – Como era de esperar, dada la materia prima utilizada, la grasa de los lomos de este estudio presenta una proporción de ácidos grasos saturados/monoinsaturados/ polinsaturados que se adecua perfectamente a las recomendaciones dietéticas mas recientes, y esta composición no se ve afectada por ninguna de las dos tecnologías utilizadas.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- ACTON, J.C. y DICK, R.L. (1976) Composición of some comercial dry sausages. *J. Food Science*, **41**, 971-972.
- AGUIRREZÁBAL, M.M., MATEU, J., DOMÍNGUEZ, M.C. y ZUMALACÁRREGUI, J.M. (2000). The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausages. *Meat Science*, **54**, 77-81.
- AMERINE, M.A., R.M. PANGBORN y E.B. ROESSLER, (1965). *Principles of sensory evaluation of food*. Academic Press, New York.
- ANDRÉS, A.I. (2002). *Efecto del nivel de sal y de las condiciones madurativas sobre la fracción lipídica y la formación de compuestos volátiles en el jamón Ibérico*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- ANDRÉS, A.I., CAVA, R., MARTÍN, A.I., D. VENTANAS, J., RUIZ, J. (2005). Lipolysis in dry-cured ham: Influence of salt content and processing conditions. *Food Chemistry*, **90**, 523-533.
- ANDRÉS, A.I., CAVA, R., MAYORAL, A.I., TEJADA, J.F., MORCUENDE, D., RUIZ, J. (2003) Oxidative stability and fatty acid composition of pig muscles as affected by rearing system, crossbreeding and metabolic type of muscle fibre. *Meat Science*, **59**, 39-47.
- ANTEQUERA, T. (1990). *Evolución del componente lipídico durante la maduración del jamón de cerdo Ibérico*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.
- ANTEQUERA ROJAS, T., CÓRDOBA RAMOS, J.J., RUIZ CARRASCAL, J., MARTÍN CÁCERES, L., VENTANAS BARROSO, J. (1993a). Productos derivados de la lipólisis y de la oxidación lipídica en jamones ibéricos y cruzados con Duroc. *Alimentaria*, Diciembre, 27-30.
- ANTEQUERA ROJAS, T., CÓRDOBA RAMOS, J.J., RUIZ CARRASCAL, J., MARTÍN CÁCERES, L., GARCIA, C.; BERMÚDEZ, M.E. VENTANAS BARROSO, J. (1993b). Free fatty acids during the ripening of iberian hams. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, **33**,(2), 197-208.
- ANTEQUERA, T., LOPEZ-BOTE, C.; CORDOBA, J.J.; GARCIA, C.; ASENSIO, M.A.; VENTANAS, J.; GARCIA-REGUEIRO, J.A. y DIAZ, I. (1992). Lipid oxidative changes in the processing of Iberian pig hams. *Food Chemistry*, **45**, 105-110.
- ANTEQUERA, T., GARCIA, C. LOPEZ-BOTE, C.; VENTANAS, J.; ASENSIO, M.A. CORDOBA, J.J. (1994). Evolución de distintos parámetros físico-químicos durante la elaboración de jamones Ibéricos a partir de cerdos Ibéricos (100%) e Ibéricos x Duroc (50%). *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, **33**, 197-208.
- ANTEQUERAS, T.; MARTÍN, L.; (2001) *Composición química general del jamón Ibérico: interés nutritivo y dietético*. En: Tecnología del jamón ibérico: de los sistemas a la explotación racional del sabor y del aroma. J. Ventanas, ed., Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 439-464.
- ARNAU J., GOU, P. y GUERRERO, L., (1994) The effects of freezing, meat pH, and storage temperature on the formation of white film and tyrosin

- cristal in dry-cured ham. *J. of Science of Food and Agriculture*, **66**, 279-282.
- ARNAU J., GUERRERO, L., CSADEMONT, G. P. (1995) Physical and chemical changes in different zones of normal and PSE dry curing process. *Food Chemistry*, **52**, 63-69.
- ARNAU J., GUERRERO, L y SÁRRAGA, C. (1998). The effect of green ham pH and NaCl concentration on cathepsin activities and sensory characteristic of dry cured ham. *J. Science of Food and Agricultura*, **77**, 387-392.
- ARNAU, J. (2000). *Aspectos tecnológicos que afectan al desarrollo de la textura y del flavor*. II Simposium Internacional del Jamón Curado. Barcelona. 27-40.
- ARNAU, J. y GOU, P. (2001). Effect of relative humidity on ham rind and subcutaneous salted fat during the resting period. *Meat Science*, **58**, 65-68.
- ARNOLD, R.N.; ARP, S.C.; SCHELLER, K.K.; WILLIAMS, S.N. Y SCHAEFER, D.M. (1993). Tissue equilibration and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. *J. Animal Science*, **71**, 105.
- ASENSIO, M.A., (2001). *Contaminantes y Tóxicos en la Carne: Residuos de la Producción Animal. Tóxicos Originados en el Procesado*. En: Enciclopedia de la carne y productos cárnicos. Martín, S. ed., Ediciones Martín—Macías, 331-342.
- BANDEIRA, C., BARRANCO, A., CIUDAD, N., FONTES, E., GALAN, H., LEÓN, MORENO, R.F., PENEDO, J.C., PERALTA, A. (1990). *Técnicas analíticas de control de calidad en las industrias cárnicas*. Monografía de la Planta Piloto de Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Córdoba.
- BARBUT, S., JOSEPHSON, D. B. y MAURER, A. J. (1985). Antioxidant properties of rosemary oleoresin in turkey sausage. *J. Food Sci.* **50**, 1356-1359.
- BARBANCHO, F.J. (2000), *La dieta mediterránea, un modelo saludable de cultura alimentaria, Estudio de su origen e implantación actual*, Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura
- BELITZ, H.D. y GROSCH, W. (1992). En: *Química de los alimentos*. 2ª Ed.: Acirbia, Zaragoza
- BENEDIT, R. C., STRANGE, E. D. y SWIFT, C. E. (1975). Effect of lipid antioxidants on the stability of meat during storage. *J. Agriculture Food Chemistry*. **23**, 167-173.
- BERDAGUE, J.L.; BONNAUD, N.; ROUSSET, S. y TOURAILLE, C. (1991). *Volatile compounds dry cured ham: identification and sensory characterisation by sniffing*. 37th international Congress of Meat Science and Technology, KULMBACH, Alemania 1135-1138.
- BERDAGUE, J.L.; BONNAUD, N.; ROUSSET, S. y TOURAILLE, C. (1993). Influence of pig crossbreed on the composition, volatile compound content and flavour of dry cured ham. *Meat Science* **34**, 119-129.

- BERMUDEZ, E., y CORDOBA, G., (2001) *El Sacrificio del Cerdo Ibérico. Manejo ante y post-mortem. Obtención y Perfilado del Pernil*. En: Tecnología del jamón ibérico: de los sistemas a la explotación racional del sabor y del aroma. J. Ventanas, ed., Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 161-200
- BERTELSEN, G., JENSEN, C. y SKIBSTED, L.H. (2000) *Alteración of cooked and processed meat properties via dietary supplementation of vitamin E*. En: Antioxidants in muscle foods: nutritional strategies to improve quality. Ed. Decker, E.A., Faustman, C. and López-Bote, C.J. Wiley-Interscience, John Wiley and Sons, Inc. Publication. New York.
- BIRCH, G.G. (1987) *Struture, chirality, and solution properties of glutamates in relation to taste*. En: Umami: A Basic Taste. Ed.: Kawamura, Y. y Kare, M.R. Marcel Dekker, New York, 173-184
- BLIGH, E.G. y DYER, E.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Bichemestry and Fisiology*, **37**, 911.
- BOE (1979). Real Decreto Métodos de análisis de productos cárnicos. Boletín Oficial del Estado de 1979. **207**, 20223- 20233
- BOE (1997). Real Decreto 1041/1997, de 27 de Junio, por el que se establecen las normas relativas a la protección de los animales durante su transporte. Boletín Oficial del Estado de 9 de julio de 1997. **163**, 21093-21104.
- BOYAR, M. y KILCAST, D. (1986). Food texture and dental science. *Journal of Texture Studies*, **6**, 259-262.
- BOURNE, M.C. (1978). Texture Profile Analysis. *Food Technology* 62-66
- BREMMAN, J.G. (1980). *Food Texture Measurement*, Chapt.1 En "Developments in Food Analysis Techniques" – R.D. King ed. Applied Science Publishers Ltd., 1-78.
- BREMMAN, J. G. y BOURNE, M. C. (1994). Effect of lubrication on the compression behaviour of cheese and frankfurters. *Journal of Texture Studies*, **25**, 139-150.
- BRUNTON N. P., CRONIN D.A., MONAHAN F. J. y DURCAN R. (2000) A comparison of solid-phase microextraction (SPME) fibres for measurement of hexanal and ventanal in cooked turkey. *Food Chemistry*. **68**, 339-345.
- BUSCAILHON,S., GARDEMER, G., MONIN, G., (1994). Time-related changes in intramuscular lipids of French dry cured ham. *Meat Science*, **37**, 245-255.
- CAMPOS, LUÍS S., (1998). *Entender a Bioquímica – metabolismo fundamental em animais e plantas*. Escolar Editora – Lisboa.
- CARRAPISO, A. I.,(2002) *Caracterización del jamón de cerdo Ibérico Mediante el Estudio del Aroma*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- CARRAPISO, A. I., JUARDO, A., TIMÓN, M.L. GARCIA, C. (2003). Effect of crossbreeding and rearing system on sensory characteristics of f Iberian Ham Volatile Compounds. *Food Science and Techonology International*, **9** (6), 421-426

- CARRAPISO, A. I., JUARDO, A., TIMÓN, M.L. GARCIA, C. (2002a) Odor-active compounds of Iberian hams with different aroma characteristics. *J. of Agricultural and Food Chemistry*, **50**(22)6453-6458.
- CARRAPISO, A. I. VENTANAS, J., GARCIA, C. (2002b). Characterization of the most odor-active compounds of Iberian ham headspace. *J. Agricultural and Food Chemistry*, **50**(7) 1996-2000.
- CARRASCO J.A., (2001). *Secaderos*. En Enciclopedia de la carne y productos cárnicos. Martín, S. ed., Ediciones Martín—Macias, 995-1020
- CASSENS, R., GREASER, M., ITO, T. y LEE, M.(1979). Residual nitrite in cured meats. *Food Technology*. **33**, 46-57.
- CARERI, M.; MANGIA, A.; BARBIERE, G.;BOLZONI, L; VIRGILI, R.; y PAROLARI, G.; (1993). Sensory property relationship to chemical data of Italiani- type dry-cured ham. *J. Food Science*, **58**, 968-972.
- C.T.S.C.C.C., CENTRO TÉCNICO DE LA SALAZON, CHARCUTERIA Y CONSERVAS DE LA CARNE (1974). *Métodos de Analisis de la Industria Charcutera*. Editorial Acribia, Zaragoza.
- CAVA,R. (1994). *Efecto del sistema de alimentación en la composición y características de la grasa intramuscular de cerdo ibérico*. Tesina de Licenciatura. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- CAVA, R. (1997). *Efecto del sistema de alimentación en la composición y las características de la grasa intramuscular de cerdo Ibérico*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- CAVA, R.; RUIZ, J.; LOPEZ-BOTE, C.; MARTIN, L.; GARCIA, C.; VENTANAS, J. y ANTEQUERA, T. (1996). Influence of finishing diet on fatty acid profiles of intramuscular lipids, triglycerides and phospholipids in muscles of the Iberia pig. *Meat Science*, **45**, (2) 263-270.
- CAVA, R. ANDRÉS, A. (2001). *La obtención de materia prima de una adecuada aptitude tecnológica. Características de la grasa determinantes de la calidad del jamón: influencias de los factores genéticos y ambientales*. En: Tecnología del jamón ibérico: de los sistemas a la explotación racional del sabor y del aroma. J. Ventanas, ed., Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 99-130.
- CAVA, R., ESTÉVEZ, M., MORCUENDE, D., ANTEQUERA, T., (2003) Evolution of fatty acids from intramuscular lipid fractions during ripening of Iberian ham as affected by α -tocopheryl acetate supplementation in diet . *Food Chemistry*, **81**, 199-207
- CAVA, R.; VENTANAS, J.; RUIZ, J.;ANDRÉS AL., y ANTEQUERA, T. (2000). Características sensoriales del jamón Ibérico; Influencia del sistema de engorde y del músculo. *Food Science Techonology International*. **6** (3), 235-242.
- CHANG, J.H.P.; LUNT, D.K.y SMITH, S.B.:(1992). Fatty acid composition and fatty acid elongase and stearyl-CoA desaturase activities in tissues of steers fed high oleate sunflower seed. *J. Nutr.*, **122**, 2074
- CHEN, T.C. y WAIMALEONGORA, C. (1981). Effect of pH on TBA values of ground raw poultry meat. *J. Food Science*. **46**.

- CHEN, C.C., PEARSON, A.M., GRAY, J.I. y MERKEL, R.A. (1984) Effects of salt and some antioxidants upon the TBA numbers of meat. *Food Chemistry*. **14**, 167-172.
- CHEN, B. H., CHEN, y CH.,(2001). Formation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the smoke from heated model lipid and food lipid. *J. Agriculture and Food Chemistry*. **49**, 5238—5243.
- CHIZZOLINI, R. ROSA,P., y NOVELLI, E. (1993). Biochemical and microbiological events of Parma ham production technology. *Microbiologia, SEM*, **9**, 26-34.
- CORDOBA, J.J. (1990). *Transformaciones de los componentes nitrogenados durante la maduración del jamón de cerdo Ibérico*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- CORDOBA, J.J.; ANTEQUERA, T.; GARCIA, C; LOPEZ-BOTE, C y VENTANAS, J. (1990). *Changes in extractability of protein and lipids from dry cured ham during ripening*. 36th ICoMST. La Habana.
- CORDOBA, J.J.; ANTEQUERA, T.; VENTANAS, J.; ASENSIO, M.A.; LOPEZ-BOTE, C. y GARCIA, C. (1991). Transformaciones de los compuestos nitrogenados durante la maduración del jamón de cerdo ibérico. *Cárnica 2000* diciembre, 54-63.
- CORDOBA, J.J.; ANTEQUERA, T.; GARCIA, C.; VENTANAS, J.; LOPEZ-BOTE, C. y ASENSIO, M.A. (1994a). Evolution of free amino acids and amines during ripening of Iberian cured ham. *J. Agric. Food Chemistry*. **42**, 2296-2301.
- CORDOBA, J.J.; ANTEQUERA, T.; VENTANAS, J.; LOPEZ-BOTE, C.; GARCIA, C. y ASENSIO, M.A. (1994b). Hydrolysis and loss of extractability of proteins during ripening of Iberian ham. *Meat Science*. **37**, 217-227.
- CORDOBA, J.J.; GARCIA, C., (2001) *Controlo del proceso de elaboración del jamón ibérico. Aseguramiento de la calidad sensorial*. En: Tecnología del jamón ibérico: de los sistemas a la explotación racional del sabor y del aroma. J. Ventanas, ed., Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 489-512.
- CORINO, C Y PASTORELLI, G., MAGNI, S., ROSSI, R., PAGLIARINI, E., BALDINI, P., DIRINCK, P., VAN OPSTAELE, F., (2003). Influence of dietary fat, on fatty acid composition and sensory properties of dry-cured Parma ham. *Meat Science* **65**, (1), 571-580.
- COVER, G.V., HOSTELER, R.L., RITCHE y, S.J. (1962). Tenderness of meat IV. Relations of shear force and fiber extensibility to juiciness and six components of tenderness. *J. Food Science* **27**, 527-536
- DAOOD, H.C., VINCKLER, M., MARKUS, F., HEBISHI, E. A. y BISCS, P. A. (1996). Antioxidant vitamin content of spice red pepper (paprika) as affected by technological and varietal factors. *Food Chemistry*, **55**(4), 365-372.
- DE KETALERE, A.; DEMEYER, D.; VANDEKERCKHOVE, P. y VERVAEKE, I. (1974). Stoichiometry of carbohydrate fermentation during dry sausage ripening. *J. Food Science*. **39**, 297-300.

- DE PRADO, C. (1988). *Maduración del jamón de cerdo Ibérico (Jabugo): fenómenos proteolíticos*. Tesis Doctoral. Universidad de León.
- DESPACHO NORMATIVO (1993) Nº 293/93DR. 231/93 Serie I-B de 1993-10-01 Ministerio da Agricultura, Establece as regras de aplicação da regulamentação comunitária sobre o controlo e a certificação da qualidade dos produtos agrícolas e de géneros alimentícios.
- DESPACHO NORMATIVO (1997) Nº 47/97DR. 184/97 Serie I-B de 1997-08-11 Ministerio da Agricultura, do desenvolvimento Rural e das Pescas. Establece normas relativas à organização, gestão e composição da Comissão Consultiva Interprofissional para a certificação dos Produtos Agro-Alimentares. Revoga o DN nº295/93, de 8 de Setembro, e o Despacho nº 7/95, de 21 de Março.
- DÍAZ, I.(1993). *Modificaciones de la composición lípidica durante procesos tecnológicos del jamón curado*. Tesis Doctoral. Facultat de Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona.
- DÍAZ, I., y GARCIA-REGUEIRO, J.A.,(1991). *Triglycerid changes during two elaboration processo f Spanish cured ham*. Proceedings of the 37th ICoMST Kulmbach, Germany.
- DIKEMAN, M. E. (1987). Fat reduction in animals and the effects on palatability and consumer acceptance of meat products. *Proceedings of the Recip Meat Conference*, **40**, 93-105.
- DMITRIEV, L.F.; IVANIVA, M.V. y LANKIN, V.Z (1994). Intraction of tocopherol with peroxy radicals does not lead to the formation of lipid hydroperoxides in liposomes. *Chem. Phys. Lipids* **69**, 35-39.
- DIRECTIVA 95/2/CE, Utilização de sulfitos, de nitritos e de nitratos como aditivos alimentares, J.O. nº L061 de 18 de Marzo de 1995.
- DIRECTIVA 88/388/CEE del Consejo, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros en el ámbito de los aromas que se utilizan en los productos alimenticios y de los materiales de base para su producción.
- DIRECTIVA 91/493/CEE del Consejo, de 22 de Julio de 1991, por la que se fijan las normas sanitarias aplicables a la producción y a la puesta en el mercado de los productos pesqueros (JOCE L.268 de 24.9.1991).
- DOMÍNGUEZ, M.C. y ZUMALACÁRREGUI, J.M. (1991). Lipolytic and oxidative changes in "chourizo" during ripening. *Meat Science*, **29**, 99-107.
- DRUMM, T.D. y SPANIER, A.M. (1991) Changes in the content of lipid autoxidation and sulphur-containing in cooked beef during storage. *J. Agric. Food Chemistry*, **39**, 336-343.
- EISLER R. (1987). *Polycyclic aromatic hydrocarbon hazards to fish, wildlife and invertebrates: a synoptic review*. Laurel, M.D.:US Fish and Wildlife Service, Patuxent Wildlife Research Center.
- ELLIS, R.; CURRIE, G.T.; THORNTON, F.E.; BOLLINGER, N.C. y GADDIS, A.M. (1968) Carbonyls in oxidising fat II. The effect of prooxidant activity of sodium chloride on pork tissue. *J. Food Science*, **33**, 555-558.

- ELMORE, J.S., CAMPO, M.M., ENSER, M., MOTTTRAM, D. (2002). Effect of Lipid Composition on Meat-like Model Systems Containing Cystein, Ribose, and Polyunsaturated fatty acids. *J. Agric. Food Chemistry*, **50**, 1126-1132.
- EPA (1981) Toxic Pollutants/effluent standards. Enviromenmental Protection Agency. *Code of Federal Regulations*. 40 CFR 401.15
- ESTÉVEZ, M., MORCUENDO, D. y CAVA, R. (2003). Physico-chemical characteristics of *M. longissimus dorsi* from tree lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 Kg live-weight and commercial pigs: a comparative study. *Meat Science*, **64**, 499-506.
- ESTÉVEZ, M., VENTANAS, J., CAVA, R. y PUOLANNE, E. (2005). Characterisation of a tradicional Finnish liver sausage and different types of Spanish liver pâtes: A comparative study, *Meat Science* **71**, (4), 657-669.
- FENEMMA, O. R. (1982). Agua y hielo. Capitulo 2. En: Introducción a la ciencia de los alimentos. Editorial Reverté, S. A. España, 33-44.
- FENEMMA, O.R. (1993). Flavor, En: Química de los Alimentos. Edit. Acribia, Zaragoza. 659.
- FERRO PALMA, S. (1997). *Estudios de procesos degradativos de lípidos y proteínas durante la maduración del jamón* Trabajo de investigación, Universidad de Extremadura, Cáceres.
- FLORES, M., SPANIER, A.M., TOLDRÁ F., (1998) F. Shahidi, Flavor of meat products and seafood London: Blackie A&P, Chapman & Hall. Pp 320-341.
- FLORES, J. NIETO, P., BERMELL, S. y ALBEROLA, J. (1987). Cambios en los ácidos grasos de los lípidos del jamón durante el proceso de curado. Magro del jamón. *Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.*, **27**, 599.
- FLORES, M., MOYA, V., ARISTOY, M.C. TOLDRÁ F. (2000) Nitrogeno compounds potentential biochemical markers of pork meat quality. *Food Chemistry*, **69**, 371-377.
- FLORES, J. (2001). El encostado del Jamón Serrano: causas de formación y maneras de evitarlo. *Revista de la Asociación de Industrias de la Carne de España*, **75**, 5-10.
- FLORES, J. (2003) "Inovaciones en los Métodos de Salazonado y Optimización de la Salinidad del jamón" En: Avances en la Ciencia, Tecnología y Comercialización del Jamón. Ed. Conjamón.
- FOLCH, J.; LEES, M. y STANLEY G.H.S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids of animal tissues. *J. Biological Chemistry. Chem.* **226**, 497-509.
- FONSECA, M.H.S.(1985). *Estudo dos Microrganismos lípolíticos. Métodos de detecção e caracterização*. L.N.E.T.I. DTIA, **71**
- FRANKEL, E.N. (1980). Lipid oxidation. *Progr. Lipid Res.* **19**, 1-22.
- FRANKEL, E.N., NEFF, W.E., SELKE, E., (1981). Análisis of autoxidized fats by gas chromatography-mass spectrometry. VII Volatile termal decomposition products of pure hydroperoxide from autoxidized and

- photosensitized oxidized methyl oleate, linoleate and lonolenate. *Lipids*, **16**, 279-285
- FRANKEL, E.N. (1984). Lipid oxidation: Mecanismos products and biological significance. *J. Am. Oil Chemistry Soc.* **61**, 1908-1916.
- FRIAS, I., HERRERA, C.D., HARDISSON, A. Y SIERRA, A. (1992). Niveles de concentración de nitratos y nitritos en conservas de carne. *Alimentaria* enero-febrero, 43-45.
- FROUIN, A, CORDIER, J.P. y THENOT, N. (1976). Struture des pigments nitroso des viands. *Ann.Nutrition Alimentary.* **30**, 767-771.
- FRYER, T.F., R.C. LAWRENCE y B. REITER. (1967). Methods for isolation and enumeration of lipolytic. *J.Dairy Science* **50** (4) 477-484.
- GARCIA, A.J. ORTIU, A. MACIÁ, E. y MORALES, (1999). Influencia del consumo de jamón Ibérico de bellota sobre el perfil lipídico aterogénico. *Solo Cerdo Ibérico*. Abril, 107-112.
- GARCIA, C.; BERDAGUE, J.J.; ANTEQUERA, T.; LOPEZ-BOTE, C.; CORDOBA, J.J. y VENTANAS, J. (1991). Volatile components of dry cured Iberian ham. *Food Chemistry.* **41**, 23-32.
- GARCIA, C., CARRIPISO, A.I., (2001). *La calidad sensorial del jamón Ibérico y su evaluación: la cata y la cata del jamón*. En: Tecnología del jamón Ibérico: de los sistemas tradicionales a la explotación racional del sabor y del aroma. J. Ventanas, ed. Ediciones Mundi prensa, Madrid, 391-418
- GARCIA GARRIDO, J.A., QUILES-ZAFRA, R., TAPIADOR, J., LUQUE DE CASTRO, M.D. (1999). Sensory and analytical proprieties of Spanish dry-cured ham of normal and defective texture. *J. Food Chemistry* **67**, 423-427.
- GARCIA GARRIDO, J.A., QUILES-ZAFRA, R.,TAPIADOR, J., LUQUE DE CASTRO, M.D. (2000). Activity of catapsina B, D, H, and L in Spanish dry-cured ham of normal and defective texture. *Meat Science* **56**, 1-6.
- GARCIA, C.; VENTANAS, J.; ANTEQUERA, T.; RUIZ, J.; CAVA, R. y ALVAREZ, P. (1996). Measuring sensorial quality of Iberian ham by Rash Model. *J. Food Quality* **19**, 397-412.
- GARCIA-REY, R., GARCIA GARRIDO, J. QUILES-ZAFRA, R. TAPIADOR, J.y LUQUE DE CASTRO, M.(2004). Relationship between pH befote salting and dry-cured ham quality, *Meat Science*, **67**, 625-632.
- GARCIA, C., TIMÓN, M.L. (2001). *Los compuestos responsables del flavor del jamón Ibérico. Variaciones en los distintos tipos de jamones*. En: Tecnología del jamón Ibérico: de los sistemas tradicionales a la explotación racional del sabor y del aroma. J. Ventanas, ed. Ediciones Mundi prensa, Madrid, 367-389
- GEBICKI, M. y BIELSKI, B.H.J. (1981) Comparison of the capacities of the perhydroxyl radical and the superoxide radicals to initiate chain oxidation of linoleic acid. *J. Am. Chemistry. Soc.*, **103**, 7020.
- GIBBS, P.A., (1987). Novel uses for lactic acid fermentation in food preservation. *J. of Applied Bacteriology Symposium Supplement*: 51-58

- GIL, M., GUERRERO, L., SÁRRAGA, C. (1999). The effect of meat quality, salt and ageing time on biochemical parameters of dry-cured *Longissimus dorsi* muscle. *Meat Science* **51**, 329-337
- GIRARD, J.P. (1991). *El Ahumado*. En: Tecnología de la Carne y de los Productos Cárnicos. J. P. Girard. Acribia. Zaragoza. Pp: 183-229.
- GIRARD, J.P. y TALON, R. (1983). *La Fumaison*, Bull Tech CRZV. Theix I.N.R.A. **54**, 31-41
- GRANER, M.; FONSECA, H. y BASSO, L.C.; (1983). Composition química de salames nacionais. *Ciência. Technology. Aliment.*, **3**, 48-57.
- GRAY, J.I. y PEARSON, A.M. (1997). Rancidity and warmed-over flavour. En: Advances in meat research. Eds. A.M. Pearson and T.R. Dutson. Vol. **3**, 221-269. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- GRAU, R. y HAMM, R. (1953). Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. *Naturwissenschaften* **40**, 29.
- GRILL, H.J. Y FLYNN, F.W. (1987). *Behavioral analysis of oral stimulating effects of amin acid and glutamate compounds on the rat*. En: Umani: A basic taste. Ed.: Kawamura, Y. and Kare, M.R. Marcel Dekker. New York. Pp: 289.
- GROSCH, W., (1987) *Reactions of hydroperoxides-products of low molecular weight*. En: Autoxidation of unsaturated lipids. H.W.S. Chan. Academic Press. London 95.
- GUERRERO, L. y GUARDIA, D. (1999). Evaluación de la terneza en carne de ternera: relación entre las medidas sensoriales e instrumental según la dirección de las fibras musculares. *ITEA*. **20**, 11-13.
- GUILLÉN M. D., ERRECALDE M. C., (2002). Volatile components of raw and smoked black bream (*Brama raii*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) studied by means of solid phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry. *J. of Science and Food Agriculture*, **82**, 945-952.
- GUILLÉN M. D., IBARGOITIA M.L., SOPELANA P., PALENCIA G., FRESNO M., (2004). Components detected by means of solid-phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry in the headspace of artisan fresh goat cheese smoked by traditional methods. *J. Dairy Science*. **87**, 284-299.
- HALDANE, J. (1901). The red colour of salted meat. *J. Hyg. Camb.* **1**, 115.
- HAMM, R. (1972). *Chimie colloïdale des viands*. Parey, Berlin, Alemania.
- HERNÁNDEZ, P., NAVARRO, J.L., TOLDRÁ, F. (1998). Lipid composition and lipolytic enzyme activities in porcine skeletal muscles with different oxidative pattern. *Meat Science*, **49**, 1-10.
- HERNÁNDEZ, P., NAVARRO, J.L., TOLDRÁ, F. (1999). Lipolytic and oxidative changes in two Spanish pork loin products: dry-cured loin and pickled-cured loin. *Meat Science*, **51**, 123-128.
- HIERRO, E., DE LA HOZ, L. y ORDÓÑEZ, J.A. (1997). Contribution of microbial and meat endogenous enzymes to the lipolysis of dry fermented sausages. *J. Agric. Food Chemistry*. **45**, 2989-2995

- HIERRO, E., HOZ, L., ORDÓÑEZ, J.A. (2003). Headspace volatile compounds from salted and occasionally smoked dried meats (cecinas) as affected by animal species. *Food Chemistry* **85**, 649-657.
- HOFMANN, H.P. y SCHARNER, E., (1980). Mikrobiologische und sensorische untersuchungen zur reifungsdynamik von rohwürsten, ausgereift. 1 Mitt. Veränderung der mikroflora während der reifung. *Die Nahrun* **24** (3): 285-293.
- HUANG, F. ROBERTSON, J. W. (1977). A texture study of frankfurters. *J.Texture Studies* **8**, 487-496.
- HUERTAS, C. (1990). *Lipolisis, autooxidación lipídica y evolución de los carbonilos y aminos volátiles en la maduración del jamón de Jabugo*. Tesis Doctoral. Universidad de León.
- I.A.R.C.(1987). *Overall evaluation of carcinogenicity: an updating of IARC monographs volumes 1 to 42*. INTERNACIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, supplement 7 (IARC, WHO, Lyon).
- IBÁÑEZ, F.C. Y BARCINA, y., (2000) En :*Análisis sensorial de alimentos, Métodos y aplicaciones*. Springer-Verlag Ibérica, Barcelona.
- IDRHa, (2001). PRODUTOS TRADICIONAIS PORTUGUESES Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas.
- IDRHa, (2004). GUIA DOS PRODUTOS DEQUALIDADE Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas.
- IGENE, J.O., YAMAUCHI, K., PEARSON, A.M. y GRAY, J.I.,(1985). Mechanisms by which nitrite inhibits the development of warmed-over flavor (WOF) in cured meat. *J. Food Chemistry*. **18**, 1-4.
- ISABEL, B. LÓPEZ-BOTE, C.J., REY, A.I. y SANZ-ARIAS, R. (1999). Influence of dietary alpha-tocopheryl acetate supplementation of pigs on oxidative deterioration and weight loss in sliced dry-cured ham. *Meat Science*, **51**, 227-232.
- ISO. R-936 (1978). Meat and meat product. Determination of ash content . International Standards Organisation
- ISO. R-937 (1978). Meat and meat product. Determination of nitrogen content by the Kjeldahl method. International Standards Organisation
- ISO. R-1442 (1979). Meat and meat product. Determination of moisture content. International Standards Organisation.
- ISO. R-1443 (1979). Meat and meat product. Determination de la teneur en materia grasse by the Soxhlet method. International Standards Organisation
- ISO. 4833 (1991). Determination of mesofiles International Standards Organisation
- ISO. 4832 (1991). Determination of coliforms International Standards Organisation
- ISO. 13681 (1995). Meat and meat product. Determination of chlorine content. International Standards Organisation

- ISO. R-1841-1 (1996). Meat and meat product. Determination of cloruros content. International Standards Organisation
- ISO.. R-15214 (1998). Determination of Lactobacillus International Standards Organisation
- ISO. 6888-1 (1999). Determination of Staphilococcus. International Standards Organisation
- ISO.16649 (2001). Determination of Escherichia Coli International Standards Organisation
- ISO. 6579 (2002). Determination of Salmonela. International Standards Organisation
- ISO.15213 (2003). Determination of Clostridus sulfito reductores International Standards Organisation
- ISUTSU, T.y WANI, K. (1985). Food texture and taste: a review. *J. Texture Studies*, **16**, 1-28.
- JOCE (1992b). Regulamento (CEE) nº 2081/92 do Conselho de 14 de Julho de 1992, relativo á protecção das indicações geográficas e denominações de origem dos produtos agrícolas e dos géneros alimentícios. J.O. nº L 208 de 24.7.92.
- JOCE (1992). Regulamento (CEE) nº 2082/92 do Conselho de 14 de Julho de 1992, relativo á protecção das indicações geográficas e denominações de origem dos produtos agrícolas e dos géneros alimentícios. J.O. nº L 208 de 24.7.92.
- JOCE (1993). Regulamento (CEE) nº 2092/91 do Conselho de 24 de Junho 1991, relativo ao modo de produção biológico de produtos agrícolas e a sua indicação nos produtos agrícolas e nos géneros alimentícios. J.O. nº L 198 de 22 /07/1991
- JOHANSON, G., TORNBERG, E. y LUNDSTRÖM, K., (1991). *Meat color in loin and ham muscles of normal meat quality from Hampshire, Swedish Lanrace and Yorkshire pigs*. 37th Internacional Congress of Meat science and Tecnology, September Kulmbach (Germany), Pp 394-398.
- JOWITT, R. (1977). Correlation between measurable properties and texture. 7^o European Symposium on Food Product and Process Selection in the Food Industry, European Federation of Chemical Enginring. Eindhoven, 163-166.
- JURADO, A, (2005), *Evolución de compuestos relacionados con el sabor y aroma del Jamon Ibérico de distintas calidades durante su procesado*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- JURADO, A, VENTANAS, J., CAVA, R.(2003). *Efecto del sistema de alimentação sobre características de la grasa subcutânea de pernils de cerdo Ibérico: Influencia en el perfil de ácidos grasos y en hexanal*. II Congreso Mundial de Jamón sobre tecnología y comercialización Ed. Universidad de Extremadura. ISBN-577-5
- KALUZNY, M.A., DUCAN, L.A., MERRIT, M.V., EPPS, D.E. (1985). Rapid separation of lipid classes in high yield and purity using bonded phase columns. *J. of Lipid Research*, 26, 135-140.

- KANDLER, O., (1982). Gärungsmechanismen bei Milchsäurebakterien. *Forum Microbiologie* 5, 16-22.
- KANNER, J.; HAREL, S.; SHAGALOVICH, J. y BERMAN, S. (1984). Antioxidative effect of nitrite in cured meat products Nitric oxide-iron complexes of low molecular weight. *J. Agric. Food Chemistry*. **32**, 512.
- KANNER, J. J.B. GERMAN y J.E. KINSELLA. (1987). Initiation of lipid peroxidation in biological sistemas. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **25**, 317-364.
- KAPSALIS, J.G., KRAMER, A., SZCZESNIAK, A.S. (1973). *Quantification of objective and sensory texture relations*. En: "Texture measurements of foods", Kramer, A. y Szczesniak, A.S. Eds. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holanda, 130-149.
- KATO, H., RA RHUE, M., NISHIMURA, T. (1989). Role of free amino acids and peptides in food taste. En: Flavor chemistry, trends and developments. Ed. Roy Teranishi, Ron G. Buttery y Fereidoon Shahidi. *American Chemical Society*, 158-174.
- KATO, H., RA RHUE, M., NISHIMURA, T. (1988) Role of free amino acids and peptides in food taste. En: Flavor chemistry, trends and developments. Ed. Roy Teranishi, Ron G. Buttery y Fereidoon Shahidi. *American Chemical Society*, 158-174.
- KAWAMOTO, T., YOSHIKAWA M., MATSUNO K. (1993). Effect of side-stream cigarette smoke on the hepatic cytochrome P-450. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. **25**, 255-259.
- KIRIMURA, J., SHIMIZU, A., KIMIZUKA, A., NINOMIYA, T., KATSUYA, N.(1969). The contribution of peptides and amino acids of taste of foodstuffs. *J. Agricultural and Food Chemistry*, **17**, 689-695
- KNIGHT, P. y PARSONS, N., (1988). Action of NaCl and polyphosphates in meat processing: responses of myofibrils to concentrated salt solutions. *Meat Science*. **24**, 275-300.
- KUBBEROD, G., CASSENS, R.G. y GREASER, M.L. (1974). Reaction of nitrite with sulphhydryl groups of myosin. *J. Food Science*. **39**, 1228.
- KUROSUKY, A. y HOFFMAN, T. (1972). Kinetics of the reaction of nitrous acid with model compounds and proteins and the conformational state pf N-terminal groups in the chimotrypsin family. *Can J. Biochem*. **50**, 1282.
- LADIKOS, D. y LOUGOVOIS, V. (1990). Lipid oxidation in muscle foods. A review. *Food Chemistry*, **35**, 295-314.
- LAWRIE, R.A. (1977). En " Ciencia de la carne" Ed. Acribia Zaragoza, España.
- LEE, Y., HOWARD, L.R. Y VILLALÓN, B. (1995). Flavonoids and antioxidante activity of fresh pepper (*Capsicum annum*) cultivars. *J. Food Science*, **60**, 473-476.
- LEISTENER L. y RÖDEL W.(1976) *Inhibition of micro-organisms in food by water activity*. In inhibition and inactivation of vegetative microbes. Ed. F.A. Skinner, Academic Press, London, pp, 219-237.

- LEISTENER L.,(1987) Review: *Perespectives of fermented metas*. 32rd International Congress of Meat Science & Tecnology, Helsinki, Finland, vol. **2**, 323-326
- LEMIEUX, L., PUCHADES, R., SIMARD, R.E. (1990). Free amino acids in chelddar Cheese: Comparison of quantitation methods. *J. Food Science*, **55**(6), 1552-1554.
- LEON CRESPO, F., BELTRAN, F., FERNANDEZ SALGUERO, J. y ALCALA, M. (1982). *Características del jamón serrano de Jabugo*. Proc 28 th Eur. Meet. *Meat Res. Workers*. Madrid. p. 238.
- LEON CRESPO, F. (1986). Factores que determinan la calidad de la canal de cerdo Ibérico. *Jornadas sobre tecnología de valoración de canales y carnes y defensa de la calidad de los productos ganaderos*. F.I.G. Zafra.
- LEPETIT, J. y CULIOLI, J. (1994). Mechanical properties of meat. *Meat Science*, **36**, 203-237.
- LOPEZ,-BOTE, C.J. ISABEL, B. y. REY, A.I. (1999). *Efecto de la nutrición y del manejo sobre la calidad de la grasa en el cerdo*. En: Avances en nutrición y alimentación animal (XV curso de especialización FEDNA). P.G^a. Rebollar, C. de Blas y G.G. Mateos. Madrid, 4-5 noviembre de 1999.
- LOPEZ, M.O., (1995). *Estudio comparativo de la grasa de diferentes órganos y tejidos de cerdos Ibéricos alimentados con distintas dietas*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- LOPEZ, M.O.; DE LA HOZ, L.; CAMBERO, M.I.; LOPEZ, D.; REGLERO, G. y ORDOÑEZ, J.A. (1992). *Iberian pig dry ham volatile compounds from different ham depths*. *38th ICoMST*. Clermont-Ferrand, Francia. 527-530.
- LOPEZ, C.J. ,(2001) *Efecto de la Alimentación sobre la Composición y Atrbutos de la Calidad de la Carne*. En Enciclopedia de la carne y productos cárnicos. Martín, S. ed., Ediciones Martín—Macias, 129-166.
- LÜCKE , F. K. (1985). *Fermented sausages*. En: Microbiology of Fermente Foods. Ed. Brian J.B.Wood, Pp. 41-83. Elsevier Applied Science, London, Greated Britain.
- LÜCKE, F. K. (1986) Microbiological processes in the manufacture of dry sausage and raw ham. *Fleischwirtsch*, **66**, 1505.
- LUZÓN, F. y MARTÍN,S., (2001). *Embutidos crudo y crudos curados*. En:Enciclopedia de la carne y productos cárnicos. Martín, S. ed., Ediciones Martín—Macias, 1091-1162.
- MAYORAL, A.I., GUILLÉN, M.T., VIVO, J.M., FRANCO, S., REGODÓN, S. ROBINA, A. (2003). *Anatomia aplicada de la carnización del cerdo Ibérico*. En: Las carnes de Extremadura: El cerdo Ibérico. Ed.: Gómez-Nieves, J.M. y Robina, A. Junta de Extremadura.
- MAGA, J.A. (1988). *Smoke in food procesing*. Boca Raton, Florida
- MAGA, J.A. (1994). *Umami flavor of meat*. En: Flavor of Meat and Meat Products. Ed. F. Shahidi. Blackie Academic & Professional. London. 98.

- MAGRANER, L. SÁNCHEZ, J., GISBERT, M., SANJÚAN, R., y LÓPEZ, N., (2003). *Influence of raw matter on final quality of serrano ham*. II Congreso Mundial del Jamon Curado, Cáceres-España.
- MANFREDINI, M.; BADIANI, A., y NANNI, N. (1991). *Relationship between dietary fat and fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular fat in heavy pigs*. 37th International Congress of Meat science and Technology, September Kulmbach (Germany), Pp157-160
- MARTÍN, L.; (1996). *Influencia de las condiciones del procesado sobre los cambios Madurativos en Jamon Ibérico*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- MARTÍN, L.; (1997). *Influencia de las condiciones del procesado sobre cambios madurativos en el jamón Ibérico*. En: Bases de la Calidad del Jamón Ibérico. Ed. Junta de Extremadura.
- MARTÍN, L.; CORDOBA, J.J., ANTEQUERA, T., TIMÓN, M.L. y VENTANAS, J. (1998). Effect of salt and temperature in proteolysis during ripening of Iberian ham. *Meat Science*, **49**,145.
- MARTÍN, L.; CORDOBA, J.J., VENTANAS, J. y ANTEQUERA, T., (1999). Changes in intramuscular lipids during ripening of Iberian dry-cured ham. *Meat Science*, **51**, 129-134.
- MARTÍN, L.; (2001). Composición Química de la Carne. Métodos de Análisis. En Enciclopedia de la carne y productos cárnicos. Martín, S. ed., Ediciones Martín—Macías, 313-328.
- MARTÍN, D.; (2004). *Extracción de hidrocarburos policíclicos aromáticos de matrices sólidas mediante microextracción en fase sólida (SPME) acoplada al dispositivo de extracción directa (DED)*. Trabajo Grado. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- MARTINS, M.da CONCEIÇÃO. (1989). *Efeito de aditivos químicos nas características do salpicão tradicional de Vila Real ao longo do processo de cura*. Tese Doctoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- MATEO, J., AGUIRREZÁBAL, M., DOMINGUEZ, C. y ZUMALACÁRREGUI, J.M. (1997). Volatile compounds in Spanish paprika. *Journal of Food Composition and Analysis*, **10**, 225-232.
- MELGAR, J.; CID, C. ASTISARÁN, I. y BELLO, J. (1993). Influencia de la alimentación del cerdo Ibérico en las características de los compuestos relacionados con la grasa del jamón curado. *Cárnica 2000*, marzo, 44.
- MENICHINI E., BOCCA B. (2003). *Polycyclic aromatic hydrocarbons*. En: Encyclopedia of Food Science and Nutrition. Eds.: Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. Academic Press, Ámsterdam. Pp.: 4616-4625.
- MEYNIER, A., GENOT, C., GABDEMER, G., (1999) Oxidation of muscle phospholipids in relation to their fatty acid composition with emphasis on volatile compounds. *J. of the Science of Food and Agriculture*, **79**, 797-804.
- MIRNA, A. y HOFFMAN, R. (1969). *Fleischwirtsch.* XLIX (**10**), 1361-1366.
- MINOLTA C.I.E. (1984). Precise color communication.

- MÖHLER, K., (1980) *El ahumado*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- MÖHLER (1984) *El ahumado*. En: Ciencia y Tecnología da Carne, Teórica y Práctica Ed. Acribia, Zaragoza
- MONTEIL, M.C., TALON, R., FOURNAUD, J. y CHAMPOMIER, M.C. (1991). A simplified key for identifying homofermentative *Lactobacillus* and *Carnobacterium* spp from meat. *J. Appl. Bacteriol.* **70**, 469-472.
- MOORE, S., y STEINIE, W.M.H. (1948). Photometric ninhydrin method for use in the chromatography of amino acids. *J. Biol. Chem.* **176**, 367-388..
- MORRISEY, P.A. Y J.Z. TICHIVANGANA, (1985) The antioxidant activities of nitrite and nitrosylmyoglobin in cooked meats. *Meat Science* **14**: 175-190.
- MORRISEY, P.A., SHEEHY, P.J.A., GALVIN, K., KERRY, J.P., BUCKLEY, D.J., (1998) Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*, **49**, suppl. No 1, S73-S86.
- MOTTRAN, D.S. (1998). Flavor formation in meat and meat products: a review. *Food Chemistry*, **62**, (4) 415-424.
- MOTTRAN, D.S., ELMORE, J.S., ENSER, M., WOOD, J.D., (2000). The effects of diet and breed on the volatile compounds of cooked lamb. *Meat Science*, **55**, 149-159.
- MOTTRAN, D.S., WHITFIELD, F.B. (1995). Volatile compounds from the reaction of cysteine, ribose and phospholipid in low-moisture systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **43**, 984-988
- MOTILVA, M.J. TOLDRÁ, F., ARISTOY, M.C. y FLORES J. (1993) Muscle lypolysis phenomena in the processing of dry-cured hams. *J. Food Chemistry*. **48**, 121.
- MURIEL, M^a. E. (2003). *Estudio comparativo de parámetros físico-químicos y sensoriales de lomo Ibérico*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- NES, I.F. y SKJELLVALE, R. (1982). Effect of natural ápicos and oleoresins on *Lactobacillus platarrum* in the fermentation of dry sausage *J. Food Science*. **47**, 1618-1621; 1625.
- NIELSEN, S. F. y PEDERSON, J., (1967) *Studies on the occurrence and germination of C. botulinum on smoked salmon, in Botulism*, Ingram, M. and Roberts. T.A. Eds., Chapman and Hall, London, 66.
- NISHIMURA, T. y KATO, H. (1988). Taste of free amino acids and peptides. *Food Reviews International* **4**, 175-194.
- NOBLE A.C. (1975). Instrumental Analysis of the Sensory Properties of Food. *Food Technology*., **29**, 56-60
- NOCO D.K., SCHOUTEN T., GERRIT H.D. (1987). Rapid determination of benzo(a)pyreno in roasted coffee and brew by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *J. Agriculture and Food Chemistry*. **35**, 545-549.
- NOEL, P., BRIAND, E. y DUMONT, J.P. (1990). Role of nitrite in flavour development in uncooked cured meat products: sensory assessment. *Meat Science*. **28**, 1-8.

- NP – 3277.1, (1987). Microbiología alimentar. Contagem de bolores e leveduras:,Parte 1:Incubação a 25° C, Ed. IPQ,1 pp8
- OLSMAN, W.J. (1977). *Chemical Behavior of nitrite in meat products. I. The stability of protein bound nitrite during storage*. Proc. 2nd Internacional Symposium on Nitrite in Meat Products. Zeist. p 218.
- OLSON, D.G. Y RUST, R.E.(1973). Oxidative rancidity in dry-cured hams: Effect of low prooxidant salt formulations. *J. Food Science*, **38**, 251-253.
- ORDOÑEZ, J.A. y DE LA HOZ, L. (1992). *Alimentación y calidades de carnes del cerdo ibérico. El cerdo ibérico, la naturaleza, la dehesa*. Simposio de Cerdo Ibérico, Zafra. 211-221.
- ORDOÑEZ, J.A. y DE LA HOZ, L. (2001).Embutidos Crudos Curados. Tipos. Fenómenos Madurativos. Alteraciones. En Enciclopedia de la carne y productos cárnicos. Martín, S. ed., Ediciones Martín—Macias, 1063-1090
- ORDÓÑEZ, M. (2001). *Influencia de la materia prima sobre la textura del jamón curado*. Tesis Doctoral. Universidad de Burgos
- PAWLISZYN J. (1997). *Solid Phase Microextraction*. Theory and Prattice. Wiley-VCH. New York.
- PEARSON, D.,(1968). Application of chemical methods for the assessment of beef quality. II. Methods selected to protein breakdown. *J. Science of Food and Agriculture*, **19**, 366-371.
- PEREZ-ALVAREZ, J.A., FERNANDEZ-LÓPEZ, J., SAYAS-BARBERÁ, M.E.,y CARTAGENA-GARCIA, R. (1998). Caracterización de los parámetros de color de diferentes materias primas usadas en la industria cárnica. *Eurocarne*, **63**, 115-122.
- PETRÓN, M.J. (2002). *Estudio de la fracción lipídica intramuscular en diferentes tipos de jamón Ibérico*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.
- PHILLIP, D.H. (1999). Polycyclic aromatic hydrocarbons in the diet. *Mutation Research*. **443**, 139-147.
- PINKART, H.C., DEVEREUX, R. y CHAPMAN, P.J.(1998). Rapid separation of microbial lipids using solid phase extraction columns. *J. of Microbiological Methods* , **34**, 9-15
- POTT P. (1775) Surgical observations relative to the cancer of the scrotum. London. *Reprinted in Natt. Cancer Institute Monographs*. **10**:7-13
- POTTHAST, K. (1982) Physikalische und chemische vorgänge beim troknen von fleischprodukten. *Die fleischwirtsch*, **62**, 30.
- PUGLIA, M.L. y SEPERICH, C.J. (1983). *Identification of a stimulatory agent in selected ápices*. Abstract of the 83° Annual Meeting, American Society for Microbiology.
- RADETIC, P.M., SUVAKOV, M.D.y PANIN, J.T., (1982) Effect of carbonyl and phenolic components of smoke on pH and water binding capacity of smoked beef, *Technolgy. Mesa*. **23**, 194,

- RAHARJO, S. y SOFOS, J.N. (1993). Methodology of measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: a review. *Meat Science*, **35**, 145-169.
- RODA, A. SIMONI P., FERRI E.N., GIROTTI S., LUS A., RAUCH P., POPLSTEIN M., POSPISIL M., PIPEK P., HOCHERL I., FUKAL L. (1999). Determination of PAHs in various smoked meat products and different samples by enzyme immunoassay. *J. of Science and Food Agriculture*. **79**, 58-62.
- RODRIGUEZ, M.M. (1997). *Evaluación tecnológica y sanitaria de las micrococáceas en la maduración del jamón de cerdo Ibérico*, En Bases de la Calidad del Jamón Ibérico. Junta de Extremadura.
- RODRÍGUES, M.P., CARBALLO, J. y LÓPEZ M. (2001). Caracterización de la fracción lipídica de algunos productos cárnicos tradicionales gallegos. *Grasas y Aceites* **52**, 291-296.
- ROSENTHAL, A. J. (1999) "Textura de los Alimentos" Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España
- RUIZ, J. (1993). *Influencia de la alimentación sobre las características y composición de la grasa subcutánea y hepática del cerdo ibérico*. Tesina de Licenciatura. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- RUIZ, J. (1996). *Determinación de parámetros físico-químicos y sensoriales relacionados con la calidad del jamón ibérico*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- RUIZ, J.; CAVA, R., VENTANAS J., JENSEN M.T., (1998). Headspace solid phase microextraction for the analysis of volatiles in meat product: dry cured Iberian ham. *J. Agriculture and Food Chemistry*. **46**, 4688-4694
- RUIZ, J.; LOPEZ-BOTE, C.; ANTEQUERA, T.; TEJEDA, J.F.; TIMON, M.L. y CAVA, R. (1996). *Odd-numbered chain fatty acids content of Iberian pigs as affected by feed composition*. (enviado a 42th ICoMST. La Haya, Noruega).
- RUIZ, J.; GARCIA, C., DÍAZ, M. C., CAVA, R., TEJEDA, J.F., VENTANAS, J. (1999). Dry cured Iberian ham non-volatile components as affected by the length of the curing process. *Food Research International*, **32**, 643-651.
- RUIZ, J.; LÓPEZ-BOTE, C. (2002). *Improvement of dry-cured ham quality by lipid modification through dietary means*. Research Advances in the Quality of Meat and Meat Products. Editor: F. Toldrá, 255-271.
- RUIZ, J.L. (2005). *Textura de músculos de cerdo y de jamón curado con distintos niveles de NaCl, pH y contenido de agua*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- RUIZ-CARRASCAL, J., VENTANAS J., CAVA, R., ANDRÉS, A.I., GARCIA, C., (2000). Texture and appearance of dry cured ham as affected by content and fatty composition. *Food Research International*, **33**, 91-95
- RUIZ, J.L. VENTANAS J., CAVA R., (2001). New device for direct extraction of volatiles in solid samples using SPME. *J. of Agriculture and Food Chemistry*. **49**, 5115-5121.

- RUIZ-RAMIREZ, J. ARNAU J. SERRA, X. GOU, P., (2005). Relations between water content, NaCl, content, pH and texture parameters in dry-cured muscles. *Meat Science*. **69**, 519-525
- RULE, D.C. (1997). Direct transesterification of total fatty acids of adipose tissue, and of freeze-dried muscle and liver with boron-trifluoride in methanol. *Meat Science*, vol 46, nº1, 23-32.
- SALE, P., NOEL, y., LASTEYRAS, A. Y OLEON, C. (1984). A sinusoidal compression system to study rheological properties of foods in the transient state. *J. Texture Studies*, **15**, 103-114.
- SALGADO, A. (2003). *Caracterización del chorizo de cebolla gallego: Estudio de los fenómenos bioquímicos que tienen lugar durante su maduración*. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo.
- SANZ ENGAÑA, C., (1967). En: "Enciclopedia de la carne". 2ª ed. Espasa-Calpe, S.A. Madrid
- SARAMAGO, A. (1997) "História da alimentação no Alentejo". Assírio & Alvim
- SARRAGA, C., GIL, M., ARNAU, J. (1989). Effects of curing salt and phosphate on the activity of porcine muscle proteases. *Meat Science*, **25**, 241-249
- SARRAGA, C., GIL, M., y GARCIA-REGUERO, J.A. (1993). Comparison of calpains and cathepsins (B, L and D) activities during dry-cured ham processing from heavy and light large white pigs. *J. Science of Food and Agriculture*, **62**, 71-75.
- SARRAGA, C., CARRERAS, I. y GARCIA, J.A. (2002). Influence of meat quality and NaCl percentage on glutathione peroxidase activity and values for acid-reactive substances of raw and dry-cured *longissimus dorsi*. *Meat Science*, **62**, 503-507
- SATO, K. y HEGARTY, G.R. (1971). Warm over flavor in cooked meats. *J. Food Science*. **36**, 1098-1102.
- SCF. (2002). Scientific Committee of Food. Annex to Opinion of the Scientific Committee on Food on the risks to human health of polycyclic aromatic hydrocarbons in food: polycyclic aromatic hydrocarbons-occurrence in foods, dietary exposure and health effects.
- SCHLICHTERLE-CERNY y GROSCH (1998). Evaluation of taste compounds of stewed beef juice. *Z. Lebensm Unters Forsch A*, 207, 369-376.
- SCHIEBERLE, P. y HOFMANN, T. (1998). *Characterization of key odorants in dry-heated cysteine-carbohydrate mixtures: comparison with aqueous reaction systems*. En: Flavor analysis. Developments in isolation and characterization. C.J. Mussinan, M.J. Morello. ACS Symposium Series nº705. American Chemical Society, Washington D.C., 320-330.
- SCOTT BLAIR, G.W. (1958) Rheology in Food Research. *Advanced Food Research* **8**, 1-6.
- SHAHIDI, F.; RUBIN, L.J. y D'SOUZA, L.A. (1986). Meat flavour volatiles: a review of the composition, techniques of analysis and sensory evaluations. *CRC Crit. Rev. Food Science. Nutrition*. **24**, 141-243.
- SHERMAN, P. (1969). A texture profile of foodstuffs based upon well-defined rheological properties. *J. Food Science* **34**, 458-461.

- SHERMAN, P. (1973). *Structure and textural properties of foods*. En "Texture Measurements of Foods". Kramer, A.A. y Szczesniak, A.S. Eds, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Holanda, 52-70
- SIMKO, P., KAROVICOVÁ J., KUBINCOVÁ M. (1991). Changes in benzo(a)pyreno content in fermented salami. *Z. Lebensm Unters Forsch.* **193**, 538-540.
- SIMKO, P., GERGELY S., KAROVICOVÁ J., DRDAK M., KNENZO J. (1993). Influence of cooking on benzo(a)pyreno content in smoked sausages.
- SIMKO, P., KHUNOVA V., SIMON P., HRUBA M. (1995). Kinetics of sunflower oil contamination with polycyclic aromatic hydrocarbons from contaminated recycled low density polyethylene film. *Internacional J. Food Science Techonology.* **30**, 807.
- SIMKO, P., (2002). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives. *J. Chromatography B.* **770**, 3-18.
- STANLEY, D.W., TUNG, M.A. (1976). Microstructure of food and its relation to texture. En: "Rheology and Texture in Food Quality" De Man, J-M., Voicey, P. W., Rasper, V. y Stanley, D.W. Eds. The Avi Publishing Company Inc., Westport, Conn., USA. , 28-35.
- STEFFEN A., PAWLISZYN J. (1996). The análisis of flavor volatiles using headspace solid-phase microextraction. *J. Agriculture and Food Chemistry.* **44**, 2187-2193.
- SZÁNTO, E. (1980). Inhibition of rancidity of fats by paprika and tomato seeds. *Acta Alimentaria*, **9**(2), 173-187.
- SZCZESNIAK, A.S. (1963). Classification of textural characteristics. *J. Food Science* **28**, 385-389.
- SZCZESNIAK, A.S. (1975). General Food Texture Profile Revisited – ten years perspective. *J. Texture Studies* **6**, 5-17.
- SZCZESNIAK, A.S. (1986). Sensory Texture Evaluation Methodology. Reciprocal Meat Conference Proceeding **39**, 86-96.
- SZCZESNIAK, A. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, **13**, 215-2225.
- TAPPEL, A.L. (1962) Vitamin E as the biological antioxidant. *Vitm. Horm.* **20**, 493-510
- TARLADGIS, B.G.; WATTS, B.M.; YOUNATHAN, M.T. y DUGAN, L.R.Jr. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **37**, 44-48.
- TEJEDA, J.F. (1999). *Estudio de la influencia de la raza y la alimentación sobre la fracción lipídica intramuscular del cerdo Ibérico*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- TIMÓN, M.L. VENTANAS, J.; MARTÍN, L., TEJADA, J.F. Y GARCIA, C. (1998). Volatile compounds in supercritical carbon dioxide extracts of Iberian ham. *J. Agriculture Food Chemistry.* **46**, 5143.

- TIMÓN, M.L. (1999). *Estudio de la grasa subcutánea e intramuscular a la calidad sensorial de jamones de cerdos Ibéricos con distintos tipos de alimentación*. Tesis Doctoral. Univerisdad de Extremadura, Cáceres.
- TOLDRÁ, F., ARISTOY, M.C., FLORES, M. (2000). Contribution of muscle aminopeptidases to flavour development in dry-cured ham. *Food Research International*, **33**, 181-185.
- TOLDRÁ, F., FLORES, M.(1998). The role of muscle proteases and lipases in flavour development during the processing of dry-cured ham. *Critical Reviews in Food Science*, **38**, 331-352.
- TOLDRÁ, F., FLORES, M. SANZ, Y. (1997). Dry-cured ham flavour, enzymatic generation and process influence. *Food Chemistry*, **59** (4), 523-530
- VAN DEN BERG, C. y BRUIN, S. (1981). *Water activity and its estimation in food systems: theoretical aspects*. In L.B. Rockland y G.F. Stewart. Water activity: influences on food quality. New York: Academic Press, Inc.
- VANDENDRIESSCHE, F., VANDEKERCKHOVE, P. y DEMEYER, D. (1980). *The influence of some species on the fermentation of Belgian dry sausage*. Proc. 26th Eur. Meeting Meat Res. Workesrs. Colorado Spring, USA. Vol.2 pp. 128-133.
- VANDEKERCKHOVE, P. (1977). A research note: amines in dry fermented sausages. *J. Food Science*. **42**, 283-285.
- VAN DUUREN, B. L., KATZ, C., GOLDSCHMIDT B. M. (1973). Brief communication: cocarcinogenic agents in tobacco carcinogenesis. *Journal of the Nacional Cancer Institute*. **51**, 703-705.
- VENTANAS, J. y M.L. TIMÓN (2001). *Cambios Madurativos en el Jamón Curado de Cerdo Ibérico*. En: Enciclopedia de la carne y productos cárnicos. Martín, S. ed., Ediciones Martín—Macias, 1247-1264.
- VEIGA, A., COBOS, A.,ROS, C. Y DÍAZ, O, (2003). Chemical and fatty acid composition of "Lacon gallego" (dry-cured pork foreleg): differences between external and internal muscules. *J. Food Composition and Analysis*, **16** 121-132.
- VIRGILI, R. PAROLARI, G. SCHIVAZAPPA, C. SORESI, C.,y BORRI, M.(1995). Sensory and texture quality of dry-cured ham as affected by endogenous cathepsin B activity and muscle composition. *J.Food Science*, **60**, 1183-1186.
- VOISEY, P. W. (1975). Selecting deformation rates in texture test. *Journal of Texture Studies*, **6**, 253-257.
- WARRIS, P.D., BROWN, S.N. y ADAMS, S.J.M. (1990). Variation in haem pigment concentration and colour in meat from British pigs. *Meat Science*, **28**, 321-329.
- WESTPHAL, K., POTTHAST K., UEBERMUTH G. (1994). Benzo(a)pyreno contents in smoked meat products from the tradicional smoking plant of former GDR firms. *Fleischwirtschaft*. **74**. 543-546.
- WHITFIELD, F.B. (1992). Volatiles from interactions of Maillard reactions and lipids. *Crit. Rev. Food Science. Nutr.* **31**, 1-58.

- WIRTH, F. (1993). La reducción y el no empleo de las sustancias de curado en los productos cárnicos. *Fleischwirsch. Español* **1**, 3-9.
- WINGER, R. J., HAGYARD, C.J. (1994). *Juiciness-its importance and some contributing factors*. In A.M. Pearson, Y T.R.: Duston (Eds.), *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products*. Pp. 94-124. London: Blackie Academic y Professional.
- WINGER, R. J., y HAGYARD, C.J. (1995). *Juiciness: its importance and some contributing factores*. En: *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products*. Ed. Pearson, A.M. and Dutson, T.R. Blackie Academic y Professional. London. 94-124
- WONG, DOMINIC W. S. (1995). *Química de los Alimentos – Mecanismos y teoría*, Editorial Acribia S.A. Zaragoza.
- YANG, G.C., YASAEI, R.M. y PAGE, S.W. (1993). Garlic as anti-oxidants and free radical scavengers. *J. Food and Drug Analysis*, **1**(4), 357-364.
- YANG, C. y SPULVEDA, F. (1985). Separation of phenylthiocarbamyl amino acids acids by high-performace liquid chromatography on spherisorb octadecylsilane columns. *Cromatography* **346**, 413-416.
- ZUMALCÁRREGUI, J.M. Y DIEZ, V. A. (2001). *Cesina y Tasajo*, En: *Enciclopedia de la carne y productos cárnicos*. Martín, S. ed., Ediciones Martín—Macias, Pp1163-1176.

ANEXO

	%Hum	Aw	CRA	pH	%CINZA	%Clorito	NO2	NO3	%Protein	NNP	Namins	NBVT	%Asp	%Glutam	%SerAspa	%GlyGlut	%Histid	%Arginin	%NH3	%Threoni	%Alanin	%Prolin	%Tyrosin	%Meteon	%Isoleu	%Leucin	%Phenil	%Triptof
%Hum	1																											
Aw	**	1																										
CRA	**	**	1																									
pH	**	*	**	1																								
%Cinz	**	**	**	**	1																							
%Clo	**	**	**	*		1																						
NO2				*	**		1																					
NO3					**		**	1																				
%Prot		**							1																			
NNP	**		**	**		**	**	**	1																			
Nam	**	*	**	**	**	**	**		**	1																		
NBVT	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**	1		*															
%Asp	**		**	**	**	*				**	**	**	1															
%Glu	**		**	*	**	*				**	**	**	*	1														
%Ser					**		**	**	**	**	**	**	*		1													
%Gly		**	*		**		**	**	**	**	*	*				1												
%Hist				**		*	*	*	**	**	**			**	**	1												
%Arg	**	*	**		**	*	**	*	**	**	**			**	**	**	1											
%NH3	**		**	*	**	**		**	**	**	**	**	**	**	**			1										
%Thre	*		**	**		**	**	**	**		**	**	*			*			1									
%Ala	**	**	**	*	**				**	**	**	*	**	**	**	**	**	**	**	1								
%Prol	**	**	**			*		*	**	**	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**	1							
%Tyro				**		**	**	**		**	*			**		**	**	**	**	**		1						
%Mete	**		**	**	**				**	**	**	**	*			**	**	**	**	**	**		1					
%Isol	**	*	**	**	**	**	*		**	**	**	**	**	**		**	**	**	**	**	**	**	**	1				
%Leuc	**	**	**	**	**	**	*		**	**	**	**	**	**		**	**	**	**	**	**	**	**	**	1			
%Phen		*			*									**		**		*								1		
%Tript						*	*	*	**							*										**	1	
%Lys	**		**	**	**	*			**	**	**		**	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
%Gord					**	*	**					**																
%TBA				**		**	**	**	**	**	**		**		**	**	**	**	**		**	**	*	*	*	*	*	*
%C14																			*							*		
%C16			*	*	**		*					*											*	*	*			
%C16-1	**	*	*						*						*	**	*									*		
%C17																												
%C17-1																												
%C18		*						*	**						*	**												
%C18-1	**	*	*		**	*	*														*							
%C18-2	**		*		**		**					*									*		*	*	*	*	*	*
%C18-3				*	**		**				**	**	**	**	**					**	**	**	*	*	*	*	*	*
%C20-1			*	**	**				*	*		*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
%C20-4	**	*		*		**		**								*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Lf*	**		**	**		**	*	*	**	**	**	**	*	*	*		**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*
Lt*	**				**	**	**	**		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
af*													*															
at*														*														
bf*						**	**	**	**	**	**	**			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
bt*		*				*	*	**	*	*	*	*			*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cf	**		**	*	**	**	**	**	*	**	**	**			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ct				**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
H°f	*		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
H°t				**	*	**	**	**	**	*	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Dureza	*		**	**	**	*	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cohesividad	**		**	**	**	*	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Adhesividad	**	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Elasticidad	**	**	**	*		**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Mastigabili			**	**	**	*	*		*	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Gomosidad			*	**	**	**	*			**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Fracturabilidad	**	**	**	**	**				**	**	**	**	**	**	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

** Correlacion significativa a 0,01

* Correlacion significativa a 0,05

(a) variavel constante

	%Lysina
	%Gordura
	TBAsec
	%C14
	%C16
	%16-1
	17%
	%17-1
	18%
	%18-1
	%18-2
	%18-3
	%20-1
	%20-4
	Lf*
	Lt*
	af*
	at*
	bfi*
	bt*
	Cf
	Ct
	H ^{of}
	H ^{ot}
	Dureza
	Cohesividad
	Adhesividad
	Elasticidad
	Mastigabili
	Gomosidad
	Fract

